



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGON**

**“PRINCIPIOS Y ANÁLISIS DE  
REDESNEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
PRESENTA:**

**JOSE ILDEFONSO GONZALEZ ROSALES**



**ASESOR:  
ING. JAVIER NAVA PEREZ**

MEXICO, 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**“Ya entre a la Universidad, NO! mejor me preocupo por mantenerme y terminar ”**

A mi Mama y Papa que me apoyaron como Dios les dio a entender, sin ese apoyo no sería el hombre de bien que ahora puedo ser, a ellos les debo todo, muchas gracias.

A Lucero que siempre me apoya en todo lo que no veo del día a día con la familia siempre esta al pie del cañón todos los días como esposa, madre, compañera, te amo.

A Selene y Joseline mis dos hijas las cuales me cargan la pila diario para seguir adelante y no desfallecer, como les digo yo ya llegue, falta que lleguen..

A José Luís, Hugo, Dulce y Juan Manuel (qepd) yo no los escogí como hermanos, pero son los mejores hermanos que me dio Dios gracias por el apoyo al iniciar y terminar.

A mis amigos Anselmo (qepd) Angélica, Arturo, Jesús, Lidia fuimos compañeros de andanzas, escuela y espero sigamos siendo como desde hace mas de 2 décadas.

Vida que fuiste el Pilar de continuar adelante en todo lo que me proponía, gracias por el apoyo incondicional que siempre me brindaste, estás donde estás siempre te daré las gracias.

Anselmo (qepd) No la terminamos juntos, el destino lo quiso así, pero desde donde estás quiero decirte que gracias por escucharme cuando lo necesite.
---

# Índice

	Tema	Página
	Introducción	1
<b>Capítulo I: Antecedentes</b>		
1.1	Introducción	3
1.2	Definición de una red neuronal	4
1.3	Estructura de una red neuronal	5
1.3.1	Neurona biológica	7
1.3.2	Neurona artificial	8
1.3.3	Red neuronal biológica	10
1.3.4	Red neuronal artificial	11
1.4	Funcionamiento de las redes neuronales	12
1.5	Clasificación de las redes neuronales	13
1.5.1	Por su naturaleza	14
1.5.2	Por su topología	15
1.5.3	Por los mecanismos de aprendizaje	16
1.5.4	Por su arquitectura, tipo de asociación y/o graficación	17
1.5.5	Afectación a la neurona artificial	19
1.6	Ventajas de las redes neuronales	21
1.7	Tipología de redes neuronales	21
1.7.1	Perceptrón	22
1.7.2	Adaline	23
1.8	Diseño de redes neuronales artificiales	27
1.9	Aplicación de las redes neuronales	28
<b>Capítulo II: Evolución de las redes informáticas</b>		
2.1	Introducción	32
2.2	Definición de red	32
2.3	Conceptos básicos	33
2.4	Necesidades de evolución tecnológica	33
2.5	Desarrollo de las redes informáticas	34
2.5.1	Redes de primera generación	34
2.5.2	Redes de segunda generación	35
2.5.3	Redes de tercera generación	36
2.6	Modelo OSI	37
2.6.1	Beneficios del modelo OSI	37
2.6.2	Objetivos del modelos OSI	37
2.6.3	Estructura del modelo OSI de ISO	38
2.6.3.1	Estructura multinivel	38
2.6.3.2	Puntos de acceso	39
2.6.3.3	Dependencias de niveles	39
2.6.3.4	Encabezados	39
2.6.3.5	Unidades de información	39

**“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

2.6.4	Niveles del modelo OSI	39
2.6.4.1	Nivel físico	40
2.6.4.2	Nivel enlace de datos	40
2.6.4.3	Nivel red	41
2.6.4.4	Nivel transporte	42
2.6.4.5	Nivel sesión	43
2.6.4.6	Nivel presentación	43
2.6.4.7	Nivel aplicación	44
2.7	Historia de las redes locales	44
2.8	Evolución de las redes neuronales	47
2.8.1	Antecedentes históricos	47
2.8.2	Reseña histórica	49
2.8.2.1	Primeros intentos	50
2.8.2.2	Tecnología emergente y promisoría	50
2.8.2.3	Periodo de frustración y desprestigio	51
2.8.2.4	Innovación	51
2.8.2.5	Resurgimiento	52
2.8.2.6	Hoy	52
2.9	Características de la neurona biológica	52
2.10	Características de la neurona artificial	54
2.11	Red neuronal artificial vs. red neuronal biológica	55
2.12	La red neuronal y sus elementos	56
2.12.1	Peso sináptico	56
2.12.2	Entrada neta	57
2.12.3	Función de activación	57
2.12.4	Regla de aprendizaje	59
2.12.5	Niveles o capas de neurona	60
2.12.6	Formas de conexión entre neuronas	60
2.12.7	Campo de aplicación	61
2.13	Redes neuronales vs. Redes informáticas	63
<b>Capítulo III: Cibernética y tecnología</b>		
3.1	Generalidades	66
3.2	Cibernética	67
3.2.1	Origen	67
3.2.2	Evolución	67
3.2.3	Conceptos básicos	68
3.2.4	Objetivos de la cibernética	69
3.2.5	Métodos de la cibernética	69
3.2.6	Barreras que ha encontrado la cibernética	71
3.2.7	Ciencias relacionadas	71
3.2.8	La cibernética como sistema axiomático deductivo	75
3.3	Tecnología	75
3.3.1	Origen	75
3.3.2	Historia de la tecnología	76
3.3.3	Función de la tecnología	78
3.3.4	Métodos de la tecnología	78
3.3.5	Desarrollo tecnológico	79

**“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

3.3.6	Avances tecnológicos	80
3.3.7	Ciencias relacionadas	80
3.3.8	Impacto de la tecnología en la sociedad actual	80
3.3.9	Tecnologías apropiadas	82
3.3.10	Nuevas tecnologías	82
3.3.11	Profesiones tecnológicas	83
3.4	Relación cibernética/tecnología	83

**Capítulo IV: Análisis de redes neuronales**

4.1	Introducción	85
4.2	Entropía	86
4.2.1	Estado de un sistema	86
4.2.2	Medida de la entropía	86
4.3	Aplicaciones reales de las redes neuronales	87
4.3.1	Redes neuronales para un clasificador no sesgado de proteínas	87
4.3.2	Aplicaciones en la industria del petróleo	88
4.3.3	Redes neuronales artificiales para la detección de Spam	88
4.3.4	Redes neuronales en el mundo financiero	90
4.3.5	Pandora	91
4.3.6	Attrasoft	92
4.3.7	Génesis	92
4.3.8	Aspirin/Migraines	92
4.3.9	Biosim	93
4.3.10	The Brain	93
4.3.11	Identificación de oscilaciones de potencia	93
	Conclusiones	95
	Bibliografía	97

## Introducción

Desde principios del tiempo, el hombre ha alterado el medio ambiente en pro de su bienestar y de su comodidad.

Al paso de las décadas y las centurias, aparece un concepto muy amplio: tecnología, el cual aún en nuestros días, resulta asombroso.

Se entiende por tecnología el conjunto de técnicas, conocimientos y procesos que sirven para el diseño y construcción de objetos para satisfacer necesidades humanas. Esto es, la tecnología puede referirse a objetos que usa la humanidad, así como sistemas, métodos de organización y/o técnicas.

Con la tecnología, nacen aparatos y dispositivos que hagan la vida más sencilla para el hombre y también para incrementar la eficiencia en diversas tareas. También aparecen conceptos muy completos, como redes y telecomunicaciones, manejo de información, datos y redes informáticas.

Se entiende como red al conjunto de entidades conectadas entre sí. Una red permite que circulen elementos materiales o inmateriales entre estas entidades, según reglas específicas definidas de antemano.

Información y datos marca uno de los grandes conflictos de ideas. Hasta la actualidad, las personas no se ponen de acuerdo con estos conceptos. Se podría decir que información es cualquiera que llegue a nuestras manos; puede ser un número, una letra o una imagen; cuando esta información cobra importancia y/o relevancia, se dice que se trata de un dato.

Una red informática es, entonces, un conjunto de equipos conectados entre sí mediante líneas físicas que intercambian información bajo la forma de los datos digitales.

Las telecomunicaciones se refieren a una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro; por lo general, tiene un atributo de bi direccionalidad; es decir, es una comunicación desde un punto hacia el otro y de regreso por el mismo canal. De manera general, se puede definir como cualquier forma de comunicación a distancia.

En su búsqueda de mejora, el hombre manipula estos medios y pretende acercarse (“igualarse”) a lo que la naturaleza realiza por cuenta propia; así, nacen nuevos conceptos, como: cibernética, robótica, inteligencia artificial, redes neuronales; que se pueden aplicar a casi todos los campos de la sociedad.

Podemos definir como cibernética como la ciencia que se ocupa de los sistemas de control y de comunicación entre las personas y en las máquinas, estudiando y aprovechando todos sus aspectos y mecanismos comunes.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Por otro lado, la unión de diferentes ciencias ha dado surgimiento a una nueva doctrina que recibe el nombre de biónica, la cual se encarga de imitar y curar enfermedades y deficiencias físicas.

Las ciencias que se unen para dar lugar a esta nueva disciplina son:

- ◆ Mecánica
- ◆ Electrónica
- ◆ Medicina
- ◆ Física
- ◆ Química
- ◆ Computación

A todo ello, se une la robótica, la cual se puede definir como la ciencia o rama de la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de los robots. Esta ciencia se encarga de crear mecanismos de control que funcionen en forma automática. Todo, con la finalidad de imitar la naturaleza humana.

El término inteligencia artificial (IA) va muy ligado a la cibernética y a la robótica; es la capacidad de acción de las máquinas para realizar determinados procesos. La inteligencia artificial tiene campos de aplicación muy extensos, desde el entretenimiento hasta funciones destinadas a formar parte del proceso productivo en la industria. Se dedica al estudio de la simulación de inteligencia en programas. Se suelen utilizar técnicas similares al razonamiento humano.

El concepto de redes neuronales es muy amplio y puede resultar ambiguo. En su forma más general, se puede decir que son un elemento importante de la inteligencia artificial.

No obstante, la tecnología sigue evolucionando; si bien nunca podrá igualarse a lo creado por la naturaleza, lo puede imitar de manera artificial, con todas las limitantes y beneficios que ella implica.



## Capítulo I: Antecedentes

### 1.1 Introducción.

Las redes neuronales artificiales, la programación evolutiva y la lógica difusa son algunos de los claros paradigmas que están clasificados como inteligencia virtual.

La inteligencia virtual puede definirse como un conjunto de herramientas de análisis que intenta imitar la vida. Las técnicas de inteligencia virtual muestran una capacidad de aprender y hacer frente a nuevas situaciones.

Estas técnicas poseen uno o más atributos del “razonamiento”, tales como:

- ◆ Generalización.
- ◆ Descubrimiento.
- ◆ Asociación.
- ◆ Abstracción.

Durante la última década, la inteligencia virtual ha evolucionado, madurando a un conjunto de herramientas de análisis, las cuales facilitan, en gran medida, la solución de problemas.

Actualmente, estas herramientas son utilizadas en muchas disciplinas; así como en productos comerciales. Algunas de estas aplicaciones son:

- ◆ Diagnóstico médico.
- ◆ Detección de fraude de tarjetas de crédito.
- ◆ Aprobación de préstamo bancario.
- ◆ Electrodomésticos “inteligentes”.
- ◆ Sistemas de metros.
- ◆ Transmisiones automáticas.
- ◆ Gestión de la cartera financiera.
- ◆ Sistemas de navegación de robots.
- ◆ Etcétera.

## **1.2 Definición de red neuronal.**

Las redes neuronales artificiales (ANN, por sus siglas en inglés) son sistemas paralelos para el procesamiento de la información, inspirados en el modo en el que las redes de neuronas biológicas del cerebro procesan información.

Todo el mundo puede observar que el cerebro humano es superior a una computadora digital en muchas tareas. Por ejemplo, en el procesamiento de información visual. Sólo en las tareas basadas principalmente en aritmética sencilla, los ordenadores sobrepasan el cerebro humano.

Por esa razón, las aplicaciones principales de las neuronas artificiales estarán centradas en campos donde la inteligencia humana no pueda ser emulada de forma satisfactoria por algoritmos aritméticos que pueden ser implementados en ordenadores. Además es de prever que dichas neuronas artificiales tengan características similares a las del cerebro, tales como:

- ◆ Serán robustas e intolerantes a fallos. En el cerebro mueren todos los días gran cantidad de neuronas sin afectar sensiblemente a su funcionamiento.
- ◆ Serán flexibles. El cerebro se adapta a nuevas circunstancias mediante el aprendizaje.
- ◆ Podrán trabajar con información borrosa, incompleta, probabilística, con ruido o inconsistente.
- ◆ Serán altamente paralelas. El cerebro esta formado por muchas neuronas interconectadas entre si y es precisamente el comportamiento colectivo de todas ellas lo que caracteriza su forma de procesar la información.

El punto clave de las neuronas artificiales, es la nueva estructura de estos sistemas para el procesamiento de la información. Estos están compuestos, al igual que el cerebro, por un número muy elevado de elementos básicos (las neuronas), altamente interconectados entre ellos y con modelo de respuesta para cada elemento en función de su entorno muy parecido al comportamiento de las neuronas biológicas.

Estos modelos son simulados en ordenadores convencionales y es el comportamiento colectivo de todos los elementos lo que le confiere esas características tan peculiares para la resolución de problemas complejos.

Las neuronas artificiales, como las personas, aprenden a partir de ejemplos. Aprender en sistemas biológicos involucra la modificación de la ínter conectividad entre las neuronas y esto es también cierto para las neuronas artificiales.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Las neuronas artificiales han sido aplicadas a un creciente número de problemas reales de considerable complejidad, por ejemplo:

- ◆ Reconocimiento de patrones.
- ◆ Clasificación de datos.
- ◆ Predicciones.
- ◆ Etcétera.

Su ventaja más importante esta en solucionar problemas que son demasiado complejos para las técnicas convencionales, problemas que no tienen un algoritmo específico para su solución, o cuyo algoritmo es demasiado complejo para ser encontrado.

En general, las Redes Neuronales Artificiales han sido claramente aceptadas como nuevos sistemas muy eficaces para el tratamiento de la información en muchas disciplinas. Ellos han dado como resultado una variedad de aplicaciones comerciales (tanto en productos como en servicios) de esta tecnología de redes neuronales.

### **1.3 Estructura de una red neuronal.**

Una Red Neuronal Artificial es un sistema de procesamiento de información que tiene ciertas características en común con las redes neuronales biológicas. Como su nombre lo indica, las redes neuronales pretenden imitar a pequeñísima escala la forma de funcionamiento de las neuronas que forman el cerebro humano. Todo el desarrollo de las redes neuronales tiene mucho que ver con la neurofisiología, no en vano se trata de imitar a una neurona humana con la mayor exactitud posible.

Entre los pioneros en el modelado de neuronas se encuentra Warren McCulloch y Walter Pitts. Estos dos investigadores propusieron un modelo matemático de neurona. En este modelo cada neurona estaba dotada de un conjunto de entradas y salidas. Cada entrada está afectada por un peso.

La activación de la neurona se calcula mediante la suma de los productos de cada entrada y la salida es una función de esta activación. La principal clave de este sistema se encuentra en los pesos de las diferentes entradas.

Las entradas son modificadas por el peso y las salidas son función de estas modificaciones. Lo anterior lleva a concluir que los pesos influyen de forma decisiva en la salida y por lo tanto pueden ser utilizados para controlar la salida que se desea.

En realidad cuando se tienen interconectadas muchas de estas neuronas artificiales lo que se hace inicialmente es entrenar el sistema. El entrenamiento consiste en aplicar unas entradas determinadas a la red y observar la salida que produce.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Si la salida que produce no se adecua a la que se esperaba, se ajustan los pesos de cada neurona para interactivamente ir obteniendo las respuestas adecuadas del sistema. A la red se le somete a varios ejemplos representativos, de forma que mediante la modificación de los pesos de cada neurona, la red va "aprendiendo".

Para entender mejor estos conceptos, se hace necesaria la descripción, de manera general, de las redes neuronales biológicas, para dar pie al seguimiento de las redes neuronales artificiales.

Por otro lado, la mayoría de los científicos coinciden en que una red neuronal artificial (RNA) es muy diferente en términos de estructura de un cerebro animal. Al igual que el cerebro, una RNA se compone de un conjunto masivamente paralelo de unidades de proceso muy simples y es en las conexiones entre estas unidades donde reside la inteligencia de la red.

Sin embargo, en términos de escala, un cerebro es muchísimo mayor que cualquier red neuronal artificial creada hasta la actualidad, y las neuronas artificiales también son más simples que su contrapartida animal.

Biológicamente, un cerebro aprende mediante la reorganización de las conexiones sinápticas entre las neuronas que lo componen. De la misma manera, las redes neuronales artificiales tienen un gran número de procesadores virtuales interconectados que de forma simplificada simulan la funcionalidad de las neuronas biológicas. En esta simulación, la reorganización de las conexiones sinápticas biológicas se modela mediante un mecanismo de pesos, que son ajustados durante la fase de aprendizaje.

En una red neuronal artificial entrenada, el conjunto de los pesos determina el conocimiento de esa red neuronal artificial y tiene la propiedad de resolver el problema para el que la red neuronal artificial ha sido entrenada.

Por otra parte, en una red neuronal artificial, además de los pesos y las conexiones, cada neurona tiene asociada una función matemática denominada función de transferencia. Dicha función genera la señal de salida de la neurona a partir de las señales de entrada. La entrada de la función es la suma de todas las señales de entrada por el peso asociado a la conexión de entrada de la señal. Algunos ejemplos de entradas son:

- ◆ La función de escalón unitario o Heaviside.
- ◆ La función lineal o mixta.
- ◆ La función sigmoideal.
- ◆ La función gaussiana.

Lo anterior, recordando que la función de transferencia es la relación entre la señal de salida y la señal de entrada.

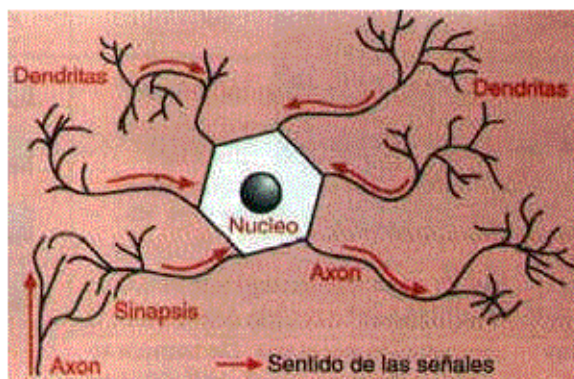
### 1.3.1 Neurona biológica.

Todos los organismos vivos están formados por células. Los elementos básicos del sistema nervioso son las células nerviosas, llamadas neuronas.

Una neurona típica contiene un cuerpo celular donde se encuentra el núcleo, unas dendritas y un axón. La información entra en el cuerpo celular de las dendritas en forma de un tren de impulsos electro-químicos (señales).

Dependiendo de la naturaleza de esta entrada la neurona se activa en una forma excitatoria o inhibitoria y ofrece una respuesta que viaja a través del axón y se conecta con otras neuronas a través de lo que se convierte en la entrada a la neurona receptora.

El momento cuando la terminación del axón de una neurona entra en estrecha proximidad con las dendritas o el cuerpo celular de otra, se llama sinapsis. Las señales que viajan desde la primera neurona inician un tren de impulsos electro-químicos (señales) en la segunda neurona. Se estima que en cada milímetro del cerebro hay cerca de 50.000 neuronas, conteniendo en total más de cien mil millones de neuronas y sinapsis en el sistema nervioso humano. La estructura de una neurona se muestra en la figura siguiente:



El tamaño y la forma de las neuronas es variable, pero con las mismas subdivisiones que muestra la figura anterior. Subdividiéndose, a su vez, en tres partes:

- ◆ El cuerpo de la neurona,
- ◆ Ramas de extensión llamadas dendritas para recibir las entradas, y
- ◆ Un axón que lleva la salida de la neurona a las dendritas de otras neuronas.

El cuerpo de la neurona o Soma contiene el núcleo. Se encarga de todas las actividades metabólicas de la neurona y recibe la información de otras neuronas vecinas a través de las conexiones sinápticas (algunas neuronas se comunican solo con las cercanas, mientras que otras se conectan con miles).

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

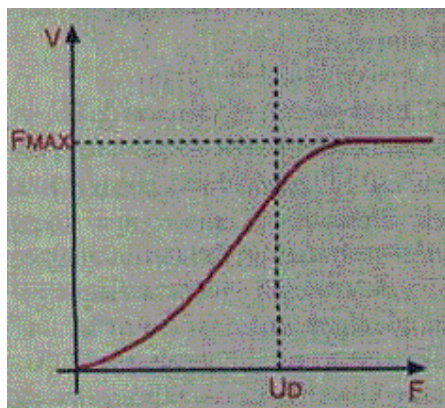
Las dendritas parten del soma y tienen ramificaciones. Se encargan de la recepción de señales de las otras células a través de conexiones llamadas sinápticas. Si pensamos, desde ahora, en términos electrónicos podemos decir que las dendritas son las conexiones de entrada de la neurona.

Por su parte el axón es la "salida" de la neurona y se utiliza para enviar impulsos o señales a otras células nerviosas. Cuando el axón está cerca de sus células destino se divide en muchas ramificaciones que forman sinapsis con el soma o axones de otras células. Esta unión puede ser "inhibidora" o "excitadora" según el transmisor que las libere. Cada neurona recibe de 10.000 a 100.000 sinapsis y el axón realiza una cantidad de conexiones similar.

La transmisión de una señal de una célula a otra por medio de la sinapsis es un proceso químico. En el se liberan sustancias transmisoras en el lado del emisor de la unión. El efecto es elevar o disminuir el potencial eléctrico dentro del cuerpo de la célula receptora.

Si su potencial alcanza el umbral se envía un pulso o potencial de acción por el axón. Se dice, entonces, que la célula se disparó. Este pulso alcanza otras neuronas a través de la distribución de los axones.

Una neurona se puede comparar con una caja negra compuesta por varias entradas y una salida. La relación de activación entre la salida y la entrada, o en términos circuitales o de teoría de control, la función de transferencia se encuentra en la figura siguiente:



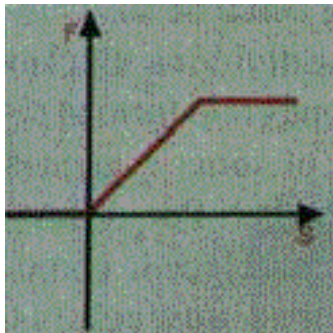
La variable  $f$  es la frecuencia de activación o emisión de potenciales y  $u$  es la intensidad del estímulo del soma.

### 1.3.2 Neurona artificial.

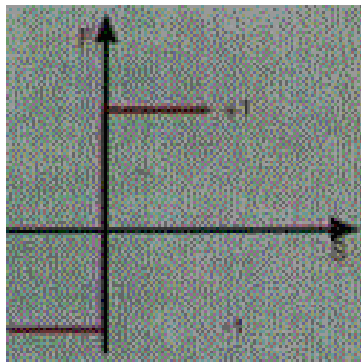
Un circuito eléctrico que realice la suma ponderada de las diferentes señales que recibe de otras unidades iguales y produzca en la salida un uno o un cero según el resultado de la suma con relación al umbral o nivel de disparo, conforma una buena representación de lo que es una neurona artificial.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

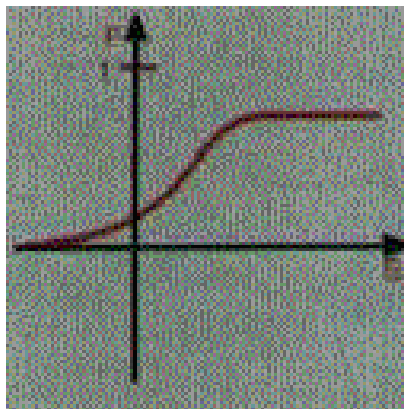
La función de transferencia para la activación o disparo de la neurona puede ser de umbral lógico, como se ve en la figura siguiente:



También puede ser de limitación dura, como lo muestra la siguiente figura:



Asimismo, puede tomar la forma de función sigmoïdal (tipo s), como se observa en la siguiente figura:



En las tres figuras anteriores.  $W$  representa el peso o ponderación de la conexión a través de una entrada.

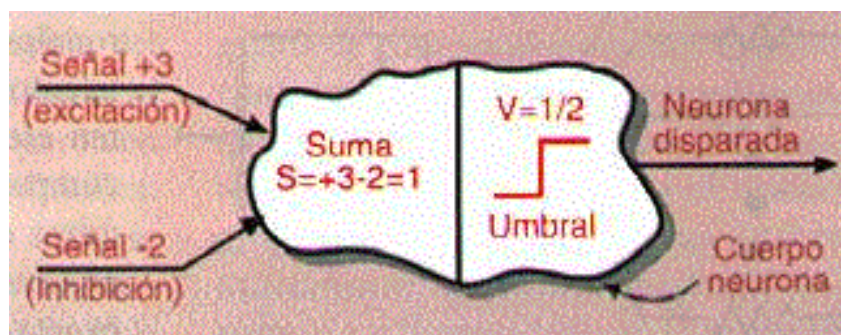
“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

De manera particular, la función sigmoïdal se define así:

$$f(u_i) = \frac{1}{1 + e^{-u_i/\sigma}}$$

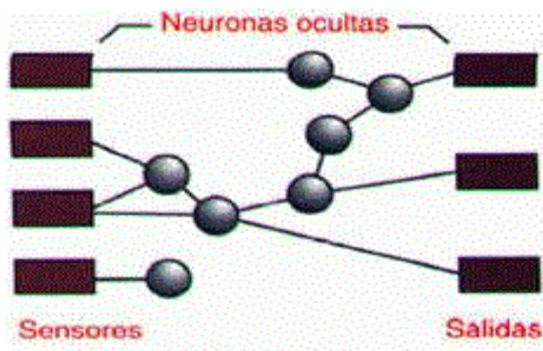
La neurona artificial es un dispositivo eléctrico que responde a señales eléctricas. La respuesta la produce el circuito activo o función de transferencia que forma parte del cuerpo de la neurona.

Las "dendritas" llevan las señales eléctricas al cuerpo de la misma. Estas señales provienen de sensores o son salidas de neuronas vecinas. Las señales por las dendritas pueden ser voltajes positivos o negativos; los voltajes positivos contribuyen a la excitación del cuerpo y los voltajes negativos contribuyen a inhibir la respuesta de la neurona. Las acciones de excitación, inhibición y disparo, se muestran en la siguiente figura:



### 1.3.3 Red neuronal biológica.

El sistema de neuronas biológico está compuesto por neuronas de entrada (sensores) conectados a una compleja red de neuronas "calculadoras" (neuronas ocultas), las cuales, a su vez, están conectadas a las neuronas de salidas que controlan, por ejemplo, los músculos. La figura siguiente muestra un esquema conceptual de la estructura de una red neuronal biológica:



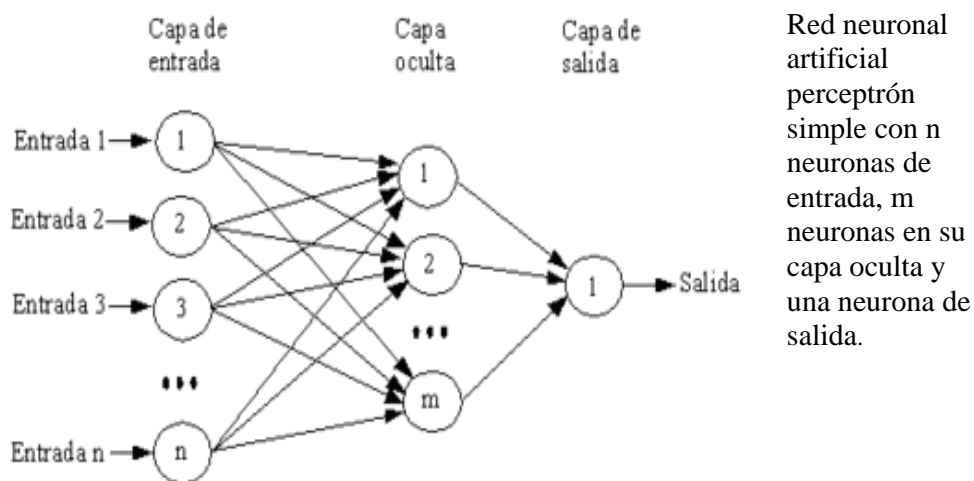


“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

Los sensores pueden ser señales de los oídos, ojos, etcétera. Las respuestas de las neuronas de salida activan los músculos correspondientes. En el cerebro hay una gigantesca red de neuronas "calculadoras" u ocultas que realizan la computación necesaria. De esta manera similar, una red neuronal artificial debe ser compuesta por sensores del tipo mecánico o eléctrico.

### 1.3.4 Red neuronal artificial.

El campo de la inteligencia artificial se refiere habitualmente de forma más sencilla como redes de neuronas o redes neuronales, las redes de neuronas artificiales (denominadas habitualmente como RNA o en inglés como: "ANN") son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida, tal como lo muestra la figura siguiente:



Las Redes Neuronales Artificiales son una simulación preliminar aproximada y simplificada del proceso que ya se ha explicado.

Una Red Neuronal Artificial puede ser definida como un sistema de procesamiento de información que tiene ciertas características similares a las redes neuronales biológicas. Ellos se han desarrollado como generalización de los modelos matemáticos de la cognición humana o de la biología neural, en base a las hipótesis siguientes:

- ◆ El procesamiento de la información se produce en muchos elementos simples que se llaman neuronas (elementos de procesamiento).
- ◆ Las señales se transmiten entre las neuronas a través de los enlaces de conexión.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Cada conexión tiene asociado un vínculo de peso, que, en una red neuronal típica, multiplica la señal que se transmite.
- ◆ Cada neurona aplica una función de activación (por lo general no lineal) a su red de entrada para determinar su señal de salida.

El entrenamiento de la red es muy importante ya que servirá para que posteriormente la respuesta del sistema sea la adecuada. Al poner atención, se notará la relación que tiene este proceso con el aprendizaje humano. Cuando a un niño se le ordena coger un vaso, empieza moviendo el brazo de forma cuasi-aleatoria hasta que choca con el vaso y lo presiona con sus dedos. La próxima vez que se le ordene al niño, éste alcanzará el vaso con mayor soltura y precisión.

Este mismo modelo se ha ensayado en redes neuronales de características similares a las del niño. Una vez que el brazo mecánico choca con la pieza y memoriza la secuencia, en posteriores ocasiones al brazo le cuesta menos realizar la misma operación, con lo que se puede afirmar que el sistema adquirió experiencia.

### **1.4 Funcionamiento de las redes neuronales.**

Una Red Neuronal Artificial es un conjunto de neuronas que se organizan en formaciones específicas. Las neuronas se agrupan en capas.

En una red multi capa hay por lo general, una capa de entrada, una o más capas ocultas y una capa de salida. El número de neuronas en la capa de entrada se corresponde con el número de parámetros que se presentan a la red como entrada. Lo mismo es cierto para la capa de salida.

Cabe señalar que el análisis de redes neuronales no se limita a una sola salida, y que las redes neuronales pueden ser entrenadas para construir neuro-modelos con múltiples salidas.

Las neuronas en la capa o capas ocultas son principalmente responsables de la característica de extracción. Proporcionan una mayor dimensionalidad y acomodan tareas como la clasificación y el reconocimiento de patrones.

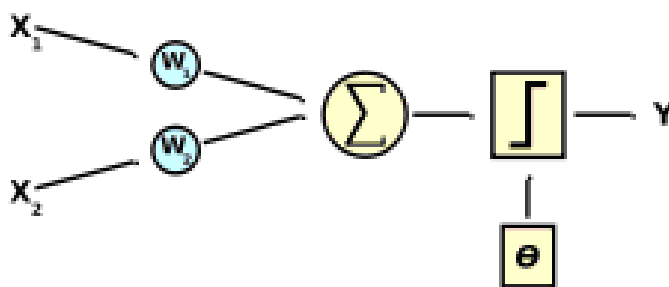
Las señales que llegan a una neurona pueden ser positivos (excitatorias) o negativos (inhibitorias). Una aportación positiva promueve el impulso de los elementos de procesamiento, mientras que una negativa de entrada tiende a mantener el elemento de transformación de los impulsos.

Por otro lado, en los algoritmos de propagación, uno de los algoritmos de entrenamiento supervisado más utilizados, la respuesta de la red se compara con el resultado deseado que forma parte del conjunto de datos de entrenamiento, y la diferencia (error), se propaga hacia atrás a través de la red. Durante esta vuelta de propagación de errores los pesos de las conexiones entre neuronas se ajustan. Este proceso es seguido de manera sistemática. La red converge cuando su producción es aceptable dentro de la proximidad de la salida deseada.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Una de las misiones en una red neuronal consiste en simular las propiedades observadas en los sistemas neuronales biológicos a través de modelos matemáticos recreados mediante mecanismos artificiales (como un circuito integrado, un ordenador o un conjunto de válvulas). El objetivo es conseguir que las máquinas den respuestas similares a las que es capaz de dar el cerebro que se caracterizan por su generalización y su robustez.

La manera de graficar el funcionamiento de una red neuronal artificial, se basa en una estructura que recibe el nombre de perceptrón; éste se muestra en la siguiente figura:



Una red neuronal se compone de unidades llamadas neuronas. Cada neurona recibe una serie de entradas a través de interconexiones y emite una salida. Esta salida viene dada por tres funciones:

- ◆ Una función de propagación (también conocida como función de excitación), que por lo general consiste en el sumatorio de cada entrada multiplicada por el peso de su interconexión (valor neto). Si el peso es positivo, la conexión se denomina excitatoria; si es negativo, se denomina inhibitoria.
- ◆ Una función de activación, que modifica a la anterior. Puede no existir, siendo en este caso la salida la misma función de propagación.
- ◆ Una función de transferencia, que se aplica al valor devuelto por la función de activación. Se utiliza para acotar la salida de la neurona y generalmente viene dada por la interpretación que queramos darle a dichas salidas. Algunas de las más utilizadas son la sigmoide (para obtener valores en el intervalo  $[0,1]$ ) y la hiperbólica-tangente (para obtener valores en el intervalo  $[-1,1]$ ).

### 1.5 Clasificación de las redes neuronales.

Los distintos modelos de red neuronal pueden clasificarse de acuerdo con cuatro criterios básicos:

- ◆ La naturaleza de las señales de entrada y salida.
- ◆ La topología de la red.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ El mecanismo de aprendizaje que utilizan.
- ◆ El tipo de asociación de las señales de entrada y salida y la forma de representar estas señales.

Las distintas posibilidades de presentarse estos aspectos junto con las distintas funciones de activación y transferencia nos permiten la clasificación de los distintos modelos.

No obstante, es importante mencionar que aunque las redes neuronales artificiales pueden clasificarse de acuerdo a diferentes criterios, en realidad todas estas clasificaciones tienen un punto de encuentro y tienen relación directa entre sí.

### **1.5.1 Por su naturaleza.**

De acuerdo con la naturaleza de las señales de entrada y de salida podemos clasificar las redes neuronales en:

- ◆ Analógicas.
- ◆ Discretas (generalmente, binarias).
- ◆ Híbridas.

Las redes analógicas procesan datos de entrada de naturaleza analógica, valores reales continuos, habitualmente acotados y usualmente en el compacto  $[-1,1]$  o en el  $[0,1]$ , para dar respuestas también continuas. Este tipo de redes neuronales artificiales, suelen presentar funciones de activación continua, habitualmente lineales o sigmoides. Entre éstas destacan las siguientes:

- ◆ Las redes de Backpropagation.
- ◆ La red continua de Hopfield.
- ◆ La red de Contrapropagación.
- ◆ La Memoria Lineal Asociativa.
- ◆ La Brain-State-in-Box.
- ◆ Los modelos de Kohonen (mapas auto-organizados (S.O.M.) y Learning Vector Quantizer, (L.V.Q.).

Las redes discretas (binarias) procesan datos de naturaleza discreta, habitualmente  $\{0,1\}$ , para acabar emitiendo una respuesta discreta. Entre las redes binarias destacan:

- ◆ La Máquina de Boltzman.
- ◆ La Máquina de Cauchy.
- ◆ La red discreta de Hopfield.
- ◆ El Cognitrón.
- ◆ El Neogognitrón.

Las redes híbridas, procesan entradas analógicas para dar respuestas binarias, entre ellas se puede destacar a las siguientes:

- ◆ Perceptrón.
- ◆ La red Adaline.
- ◆ La red Madaline.

### **1.5.2 Por su topología.**

Tomando en cuenta la topología, las redes neuronales artificiales pueden clasificarse de acuerdo con el número de capas o niveles de neuronas, el número de neuronas por capa y el grado y tipo de conectividad entre las mismas. La primera distinción a establecer es en:

- ◆ Redes Monocapa.
- ◆ Redes Multicapas.

Las redes Monocapa sólo cuentan con una capa de neuronas, que intercambian señales con el exterior y que constituyen a un tiempo la entrada y salida del sistema. En las redes Monocapa, se establecen conexiones laterales entre las neuronas, pudiendo existir, también conexiones auto recurrentes (la salida de una neurona se conecta con su propia entrada), como en el caso del modelo Brain-State-in Box.

Los modelos representativos de una red artificial monocapa son:

- ◆ La red de Hopfield o red Brain-State-in-Box.
- ◆ La máquina de Boltzman.
- ◆ La máquina de Cauchy.

Las redes Multicapas disponen de conjuntos de neuronas jerarquizadas en distintos niveles o capas, con al menos una capa de entrada y otra de salida, y, eventualmente una o varias capas intermedias (ocultas).

Normalmente, todas las neuronas de una capa reciben señales de otra capa anterior y envían señales a la capa posterior (en el sentido Entrada - Salida), siguiendo la sinapsis. A estas conexiones se les conoce como conexiones hacia delante o feedforward. Si una red sólo dispone de conexiones de este tipo se la conoce como red feedforward.

Sin embargo, puede haber redes en las que algunas de sus neuronas presenten conexiones con neuronas de capas anteriores, conexiones hacia atrás o feedback. En tal caso hablaremos de una red feedback o interactiva.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Entre las primeras destacan los distintos modelos de Kohonen, aunque presentan conexiones laterales y autorrecurrentes, el Perceptrón (multicapa) o M.L.P., las redes Adaline y Madaline, la Memoria Lineal Adaptativa y las Backpropagation.

Entre las segundas debemos mencionar el Cognitrón y el Neocognitrón, junto con los modelos de Resonancia y las máquinas multicapa de Boltzman y Cauchy.

### **1.5.3 Por los mecanismos de aprendizaje.**

Una de las clasificaciones más populares de las redes neuronales artificiales se basa en los métodos de entrenamiento. Las redes neuronales se pueden dividir en dos grandes categorías sobre la base de los métodos de entrenamiento:

- ◆ Supervisadas.
- ◆ No supervisadas.

Las no supervisadas, son principalmente las agrupaciones y los algoritmos de clasificación. Se han empleado en la industria de petróleo y gas para interpretar registros de pozos y determinar litología. Se les llama no supervisadas simplemente porque no se proporciona retroalimentación a la red.

La red no supervisada es llamada a clasificar los vectores de entrada en grupos y categorías. Esto requiere un cierto grado de redundancia en la entrada de datos y, por tanto, se tiene la noción de que esa redundancia es conocida.

Por otro lado, la mayoría de las aplicaciones de redes neuronales en la industria de petróleo y gas se basan en algoritmos de entrenamiento supervisado. Durante un proceso de entrenamiento supervisado la entrada y la salida de información son presentadas a la red para permitir el aprendizaje en base a la retroalimentación. Se seleccionan la topología y el algoritmo de entrenamiento, luego la red neuronal es entrenada hasta que converge. Durante el proceso de entrenamiento de redes neuronales se trata de converger a una representación interna del comportamiento del sistema.

En un típico procedimiento neuronal de procesamiento de datos, la base de datos se divide en tres partes:

- ◆ Entrenamiento.
- ◆ Calibración.
- ◆ Verificación de conjuntos.

El conjunto de entrenamiento se utiliza para desarrollar la red deseada. En este proceso, el resultado deseado en el entrenamiento se utiliza para ayudar a la red a ajustar los pesos entre las neuronas o de sus elementos de procesamiento.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Durante el proceso de entrenamiento se plantea la cuestión de saber cuándo detener la formación. Ya que una red puede estar sobre-entrenada. En la literatura sobre redes neuronales esto es conocido también como memorización. Una vez que la red de memoriza un conjunto de datos, sería incapaz de la generalización.

El desempeño de una red neuronal sobre-entrenada es similar a un complejo análisis de regresión no lineal. Con el fin de evitar un exceso de entrenamiento o la memorización, es una práctica común detener el proceso de entrenamiento cada cierto tiempo y a aplicar a la red un conjunto de datos de calibración.

Como la respuesta al conjunto de datos de calibración no ha sido presentada a la red, se puede evaluar la capacidad de la red para la generalización por lo bien que predice la respuesta al conjunto de datos de calibración.

Una vez que el proceso de entrenamiento se completa con éxito, la red se aplica a los datos de verificación. Durante el proceso de entrenamiento de cada neurona artificial se ocupa de varias funciones básicas:

- ◆ En primer lugar, se evalúan las señales de entrada y determina la fuerza de cada uno de ellos.
- ◆ En segundo lugar, se calcula un total de la combinación de las señales de entrada y compara ese total para algún nivel umbral.
- ◆ Por último, se determina lo que debería ser la respuesta.

La transformación de los datos de entrada en la respuesta - dentro de una neurona - se lleva a cabo utilizando una función de activación. Inicialmente a cada entrada se le asigna un peso relativo al azar.

En algunas aplicaciones avanzadas, basados en la experiencia, el peso relativo asignado inicialmente puede no ser aleatorio. Durante el proceso de entrenamiento el peso de las entradas es ajustado. El peso de la entrada representa la fuerza de su conexión con la neurona de la capa siguiente. Los pesos son los coeficientes de adaptación dentro de la red que determinan la intensidad de la señal de entrada.

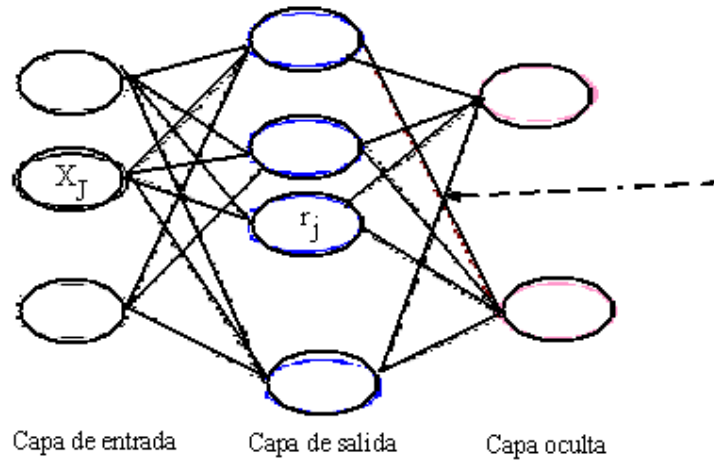
### **1.5.4 Por su arquitectura, tipo de asociación y/o graficación.**

Las redes neuronales se clasifican según su arquitectura:

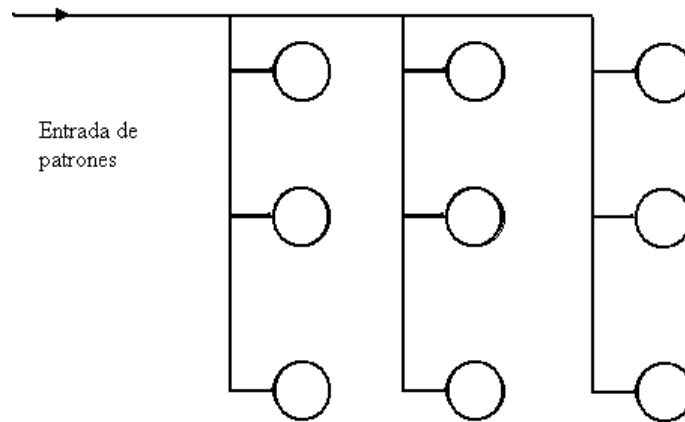
- ◆ Arquitectura RBF.
- ◆ Arquitectura Kohonen.
- ◆ Arquitectura Hopfield.
- ◆ Arquitectura Feedforward.

Y se pueden representar gráficamente de la siguiente forma:

a) Arquitectura RBF

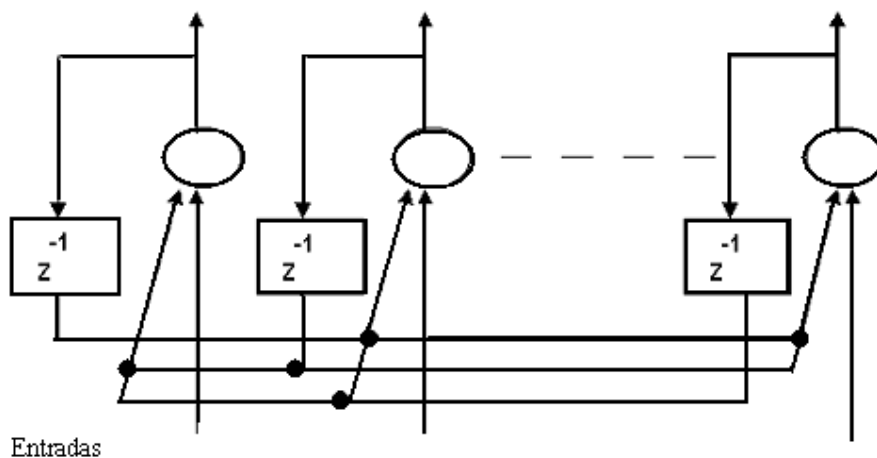


b) Arquitectura Kohonen

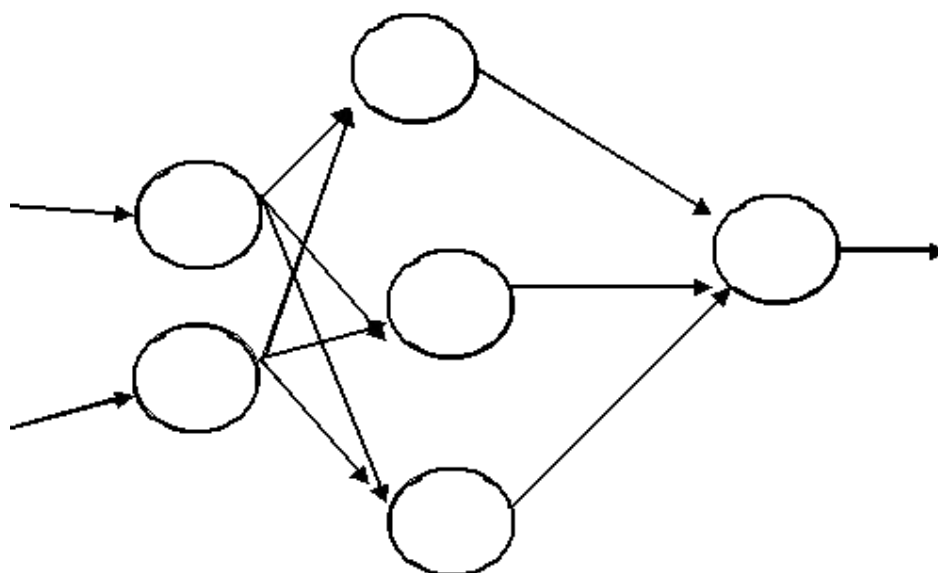




c) Arquitectura Hopfield



d) Arquitectura Feedforward



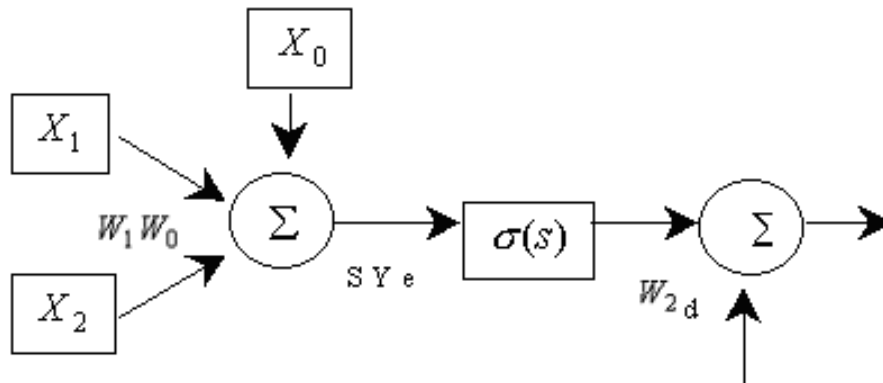
Frecuentemente, se habla en la arquitectura de lo que son las capas ocultas, las definiremos como las capas intermedias entre la capa de salida y la capa de entrada. Algunos programas de software especializado, trabajan sólo con capas ocultas.

### 1.5.5 Afectación a la neurona artificial.

La neurona artificial se caracteriza por tratar de asimilar ciertas características y propiedades de la neurona biológica.

A continuación se muestra un diagrama de una neurona artificial

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”



En este contexto, la regla de aprendizaje esta dada por:

$$W_n^{k+1} = W_n^k + \alpha \cdot e^k \cdot X_n^k$$

Donde  $e^k = D - Y$

De lo anterior se puede deducir que:

$$S^k = \sum_{i=0}^{\infty} X_i \cdot W_i$$

↙  $W$  Pesos

$e$  Error

$$Y = \sigma(S^k)$$

↙  $\alpha$  Rata de aprendizaje

$X$  Entradas

$$\sigma \begin{cases} S > 0 \Rightarrow Y = 1 \\ S < 0 \Rightarrow Y = 0 \end{cases}$$

↙  $D$  Salida deseada

$\sigma$  Función de activación.

$S$  Valor ponderado de las entradas por los pesos.

## 1.6 Ventajas de las redes neuronales.

Las redes neuronales artificiales (RNA) tienen muchas ventajas debido a que están basadas en la estructura del sistema nervioso, principalmente el cerebro. Entre las ventajas de su uso, podemos destacar las siguientes:

- ◆ **Aprendizaje:** Las RNA tienen la habilidad de aprender mediante una etapa que se llama etapa de aprendizaje. Esta consiste en proporcionar a la RNA datos como entrada a su vez que se le indica cuál es la salida (respuesta) esperada.
- ◆ **Auto organización:** Una RNA crea su propia representación de la información en su interior, descargando al usuario de esto.
- ◆ **Tolerancia a fallos:** Debido a que una RNA almacena la información de forma redundante, ésta puede seguir respondiendo aceptablemente aún si se daña parcialmente.
- ◆ **Flexibilidad:** Una RNA puede manejar cambios no importantes en la información de entrada, como señales con ruido u otros cambios en la entrada (ej. si la información de entrada es la imagen de un objeto, la respuesta correspondiente no sufre cambios si la imagen cambia un poco su brillo o el objeto cambia ligeramente).
- ◆ **Tiempo real:** La estructura de una RNA es paralela, por lo cuál si esto es implementado con computadoras o en dispositivos electrónicos especiales, se pueden obtener respuestas en tiempo real.

## 1.7 Tipología de redes neuronales.

Existe una serie de modelos que aparecen en la mayoría de estudios académicos y la bibliografía especializada. Estos se pueden enumerar de la siguiente forma:

- ◆ Perceptrón.
- ◆ Adaline.
- ◆ Perceptrón multicapa.
- ◆ Memorias asociativas.
- ◆ Máquina de Bolzman.
- ◆ Máquina de Cauchy.
- ◆ Redes de Elman.
- ◆ Redes de Hopfield.
- ◆ Red de contrapropagación.
- ◆ Redes de neuronas de base radial.
- ◆ Redes de neuronas de aprendizaje competitivo.
- ◆ Redes de Kohonen o mapas autoorganizados.
- ◆ Crecimiento dinámico de células.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Gas Neuronal Creciente.
- ◆ Redes ART (Adaptative Resonance Theory).

De ellos, los más utilizados son el Perceptrón y el Adaline.

### 1.7.1 Perceptrón.

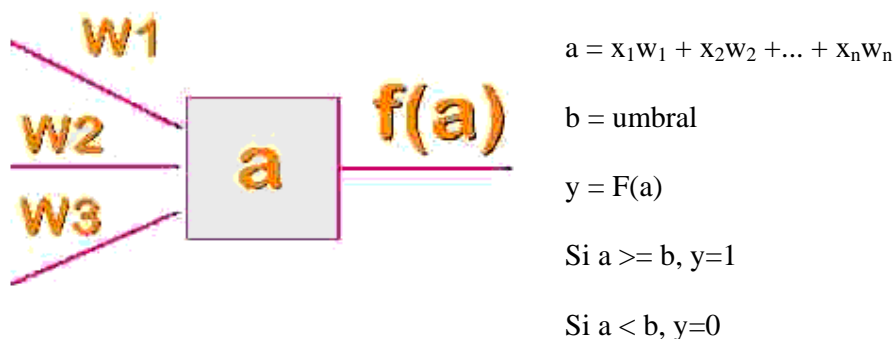
El Perceptrón fue propuesto por Rosenblatt en 1959 en su obra "Principles of Neurodynamics". Los Perceptrones son redes de propagación hacia adelante basados en unidades binarias.

En una forma sencilla, el Perceptrón consta de una capa de entrada de  $n$  elementos, dichas entradas, se propagarán a una capa de  $m$  unidades actuadoras y de éstas, a una sola unidad de salida. El objetivo de esta operación es aprender a dar una transformación dada usando muestras de aprendizaje, con entrada  $x$  y su correspondiente salida  $y$ .

En la definición original la actividad de las unidades actuadoras puede ser cualquier función  $f$  de la capa de entrada, pero el procedimiento de aprendizaje sólo ajusta las conexiones de la unidad de salida. La razón para esto es que no hay una fórmula para encontrar el ajuste de conexiones entre la capa de entrada y la función  $f$ . La unidad de salida de un Perceptrón es un elemento lineal o elemento de umbral, el cual se adecua a la siguiente regla:

“Perceptrón con dos entradas, cada entrada es multiplicada por el peso  $W$  correspondiente, y los resultados son sumados, siendo evaluados contra el valor de umbral, si el resultado es mayor al mismo, el perceptrón se activa”.

La función se puede expresar de la siguiente forma:



El perceptrón es capaz tan sólo de resolver funciones definidas por un hiper plano que corte un espacio de dimensión  $N$ . Un ejemplo de una función que no puede ser resuelta es el operador lógico XOR.

El vector de pesos  $[w_1 w_2 \dots w_n]$  es perpendicular al hiper plano.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

El hiperplano divide en dos zonas un plano de 2 dimensiones, es de hacer notar que el vector de pesos ( $w_1=1$  y  $w_2=1$ , con  $b=0.5$ ) es perpendicular al hiper plano.

El entrenamiento de un perceptrón es por medio de la regla de aprendizaje delta:

“Para cada peso  $W$  se realiza un ajuste  $dW$ ”.

Esto es según la regla:

$$dW = LR ( T - Y ) X$$

Donde: LR es la razón de aprendizaje.

T el valor deseado.

Y el valor obtenido.

X la entrada aplicada al perceptrón.

Roseblatt probó un teorema sobre el aprendizaje del perceptrón y dado esto, en los 60's los Perceptrones crearon un gran interés en la comunidad científica sobre las Redes Neuronales.

La euforia inicial se convirtió en desilusión cuando Minsky y Paper publicaron su libro "Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry", en 1969, en el cual ellos mostraban las deficiencias de los modelos del Perceptrón, con lo cual frenaron el desarrollo de las Redes Neuronales.

Por un tiempo sólo algunos investigadores continuaron trabajando, los más notables fueron:

- ◆ Teuvo Kohonen.
- ◆ Stephen Grossberg.
- ◆ James Anderson.
- ◆ Kunihiko Fukushima.

### **1.7.2 Adaline.**

El "Elemento Lineal Adaptable", también llamado Adaline (primeramente conocido como Neurona Lineal Adaptable), fue sugerido por Widrow y Hoff en su obra "Adaptive switching circuits". En una simple implementación física, la cual es Ejemplo de aplicación a una compuerta logica OR.

Inicialmente la neurona toma los siguientes pesos:

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

$$W_n = \begin{bmatrix} 1.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}$$

Y, tomando una función de activación en escalón de un solo polo {0 1}, iniciamos calculando el valor ponderado de la suma de las entradas por los pesos en la iteración.1 a. (k=1), de la forma siguiente:

$$S^1 = \sum_{i=0}^n X_i \bullet W_i \Rightarrow S^1 = 0 * 1.5 + 0 * 0.5 + 1 * 1.5 = 1.5$$

b. Luego se compara el valor con la función de activación.

$$\sigma \begin{cases} S > 0 \Rightarrow Y = 1 \\ S < 0 \Rightarrow Y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow Y = 1$$

c. Calculando el error.

$$e^k = D - Y \text{ tenemos que } e^k = 0 - 1 = -1$$

Los nuevos pesos quedan como sigue:

$$W_n^{1+1} = \begin{bmatrix} W_0^1 \\ W_1^1 \\ W_2^1 \end{bmatrix} + \alpha \bullet e^k \bullet \begin{bmatrix} X_0^1 \\ X_1^1 \\ X_2^1 \end{bmatrix}$$

$$W_n^2 = \begin{bmatrix} 1.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix} + 1 \bullet -1 \bullet \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}$$

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

2 a. Se inicia una nueva iteración (k=2), hallamos de nuevo S

$$S^2 = 1*0.5 + 0*0.5 + 1*1.5 = 2.5$$

b. La comparación con la función de activación.

$$\sigma \begin{cases} S > 0 \Rightarrow Y = 1 \\ S < 0 \Rightarrow Y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow Y = 1$$

c. El error es.

$$e^k = D - Y \text{ Tenemos que } e^k = 1 - 1 = 0$$

d. El nuevo calculo de los pesos no se ve alterado por e = 0

$$W_x^{2+1} = \begin{bmatrix} W_0^2 \\ W_1^2 \\ W_2^2 \end{bmatrix} + \alpha \cdot e^k \cdot \begin{bmatrix} X_0^2 \\ X_1^2 \\ X_2^2 \end{bmatrix}$$

$$W_x^3 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix} + 0 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}$$

3. a. Se inicia una nueva iteración (k = 3).

$$S^3 = 1*0.5 + 1*0.5 + 0*1.5 = 1$$

b. La comparación con la función de activación.

$$\sigma \begin{cases} S > 0 \Rightarrow Y = 1 \\ S < 0 \Rightarrow Y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow Y = 1$$

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

c. El error es

$$e^K = D - Y \text{ Tenemos que } e^K = 1 - 1 = 0$$

d. El nuevo calculo de los pesos no se ve alterado por e = 0

$$W_n^{3+1} = \begin{bmatrix} W_0^3 \\ W_1^3 \\ W_2^3 \end{bmatrix} + \alpha \cdot e^K \cdot \begin{bmatrix} X_0^3 \\ X_1^3 \\ X_2^3 \end{bmatrix}$$

$$W_n^4 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix} + 0 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}$$

4. Iteración con k = 4

$$S^4 = 1 * 0.5 + 1 * 0.5 + 1 * 1.5 = 2.5$$

b. La comparación con la función de activación.

$$\sigma \begin{cases} S > 0 \Rightarrow Y = 1 \\ S < 0 \Rightarrow Y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow Y = 1$$

c. El error es

$$e^K = D - Y \text{ Tenemos que } e^K = 1 - 1 = 0$$

d. El nuevo calculo de los pesos no se ve alterado por e = 0

$$W_n^{4+1} = \begin{bmatrix} W_0^4 \\ W_1^4 \\ W_2^4 \end{bmatrix} + \alpha \cdot e^K \cdot \begin{bmatrix} X_0^4 \\ X_1^4 \\ X_2^4 \end{bmatrix}$$



$$W_n^5 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix} + 0 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}$$

Después de llegar hasta la novena iteración (k=0) y ver que el e=0 decimos que la neurona aprendió después de haber pasado un ciclo o sea

$$dwi/dt = 0$$

### **1.8 Diseño de redes neuronales artificiales.**

Con un paradigma convencional de programación en ingeniería del software, el objetivo del programador es modelar matemáticamente (con distintos grados de formalismo) el problema en cuestión y posteriormente formular una solución (programa) mediante un algoritmo codificado que tenga una serie de propiedades que permitan resolver dicho problema.

En contraposición, la aproximación basada en las Redes Neuronales Artificiales parte de un conjunto de datos de entrada suficientemente significativo y el objetivo es conseguir que la red aprenda automáticamente las propiedades deseadas. En este sentido, el diseño de la red tiene menos que ver con cuestiones como los flujos de datos y la detección de condiciones, y más que ver con cuestiones tales como la selección del modelo de red, la de las variables a incorporar y el pre procesamiento de la información que formará el conjunto de entrenamiento.

Asimismo, el proceso por el que los parámetros de la red se adecuan a la resolución de cada problema no se denomina genéricamente programación sino que se suele denominar entrenamiento.

Por ejemplo, en una red que se va a aplicar al diagnóstico de imágenes médicas; durante la fase de entrenamiento el sistema recibe imágenes de tejidos que se sabe son cancerígenos y tejidos que se sabe son sanos, así como las respectivas clasificaciones de dichas imágenes.

Si el entrenamiento es el adecuado, una vez concluido, el sistema podrá recibir imágenes de tejidos no clasificados y obtener su clasificación “sano/no sano” con un buen grado de seguridad.

Las variables de entrada pueden ser desde los puntos individuales de cada imagen hasta un vector de características de las mismas que se puedan incorporar al sistema (procedencia anatómica del tejido de la imagen o la edad del paciente al que se le extrajo la muestra, por ejemplo).

## **1.9 Aplicaciones de las redes neuronales.**

Las características de las Redes Neuronales Artificiales las hacen bastante apropiadas para aplicaciones en las que no se dispone a priori de un modelo identificable que pueda ser programado, pero se dispone de un conjunto básico de ejemplos de entrada (previamente clasificados o no). Asimismo, son altamente robustas tanto al ruido como a la disfunción de elementos concretos y son fácilmente paralelizables.

Esto incluye problemas de clasificación y reconocimiento de patrones de voz, imágenes, señales, etcétera. Asimismo se han utilizado para encontrar patrones de fraude económico, hacer predicciones en el mercado financiero, hacer predicciones de tiempo atmosférico, etcétera.

También se pueden utilizar cuando no existen modelos matemáticos precisos o algoritmos con complejidad razonable; por ejemplo la red de Kohonen ha sido aplicada con un éxito más que razonable al clásico problema del viajante (un problema para el que no se conoce solución algorítmica de complejidad polinómica).

Otro tipo especial de redes neuronales artificiales se ha aplicado en conjunción con los algoritmos genéticos (AG) para crear controladores para robots. La disciplina que trata la evolución de redes neuronales mediante algoritmos genéticos se denomina Robótica Evolutiva.

En este tipo de aplicación el genoma del AG lo constituyen los parámetros de la red (topología, algoritmo de aprendizaje, funciones de activación, etcétera) y la adecuación de la red viene dada por la adecuación del comportamiento exhibido por el robot controlado (normalmente una simulación de dicho comportamiento).

En general, los campos de aplicación de las redes neuronales son habitualmente todos aquellos en los que se utilizan o pueden utilizarse modelos estadísticos y/o lineales.

La utilización de las redes neuronales proporciona resultados mucho mejores. Algunos campos donde se aplican las redes neuronales son:

- ◆ Finanzas.
- ◆ Predicción de índices.
- ◆ Detección de fraudes.
- ◆ Riesgo crediticio, clasificación.
- ◆ Predicción de la rentabilidad de acciones.
- ◆ Negocios.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Marketing.
- ◆ Venta cruzada.
- ◆ Campanas de venta.
- ◆ Tratamiento de textos y proceso de formas.
- ◆ Reconocimiento de caracteres impresos mecánicamente.
- ◆ Reconocimiento de gráficos.
- ◆ Reconocimiento de caracteres escritos a mano.
- ◆ Reconocimiento de escritura manual cursiva.
- ◆ Alimentación.
- ◆ Análisis de olor y aroma.
- ◆ Perfilamiento de clientes en función de la compra.
- ◆ Desarrollo de productos.
- ◆ Control de Calidad.
- ◆ Energía.
- ◆ Predicción consumo eléctrico.
- ◆ Distribución recursos hidráulicos para la producción eléctrica.
- ◆ Predicción consumo de gas ciudad.
- ◆ Industria manufacturera.
- ◆ Control de procesos.
- ◆ Control de calidad.
- ◆ Control de robots.
- ◆ Medicina y salud.
- ◆ Ayuda al diagnóstico.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Análisis de Imágenes.
- ◆ Desarrollo de medicamentos.
- ◆ Distribución de recursos.
- ◆ Ciencia e Ingeniería.
- ◆ Análisis de datos y clasificación.
- ◆ Ingeniería Química.
- ◆ Ingeniería Eléctrica.
- ◆ Climatología.
- ◆ Transportes y Comunicaciones.
- ◆ Optimización de rutas.
- ◆ Optimización en la distribución de recursos.

## Capítulo II: Evolución de redes informáticas

### 2.1 Introducción.

Las redes de computadoras han tenido un auge extraordinario en los últimos años y han permitido:

- ◆ Intercambiar y compartir información entre diferentes usuarios a través del correo electrónico.
- ◆ Crear grupos de discusión a distancia sobre diversos temas.
- ◆ Tener acceso a bibliotecas electrónicas en lugares distantes.
- ◆ Utilizar facilidades de cómputo en áreas de geográficas diferentes.
- ◆ Crear sistemas de procesamiento distribuido de transacciones.

Por supuesto, son muchas más las aplicaciones que actualmente tienen las redes informáticas.

Todos estos beneficios que se derivan de la utilización de las redes locales han sido posibles gracias a los avances logrados en el área de comunicación de datos.

### 2.2 Definición de red.

De la manera más general, una red se define como la conexión entre diversos elementos que tienen características descriptivas similares.

El concepto de red puede ser aplicado a todas las áreas y tareas de la sociedad actual; en este sentido, tenemos:

- ◆ Redes sociales.
- ◆ Redes de comunicación.
- ◆ Redes informáticas.
- ◆ Etcétera.

## **2.3 Conceptos básicos.**

Uno de los conceptos elementales en cualquier ámbito de la vida humana, se encuentra “información”; que se define como la recopilación de hechos y/o valores que podemos entender o representar.

Si bien las redes ocupan un gran espacio en la sociedad, en este momento nos interesan las redes informáticas, aquellas que están formadas por computadoras (al menos dos), las cuales se comunican entre sí.

En este sentido, se hace referencia a que existen tres tipos principales de redes de computadoras:

- ◆ Redes locales.
- ◆ Redes metropolitanas.
- ◆ Redes de área amplia.

Las redes locales, conocidas como LAN (Local Área Networks), son usadas para comunicar un conjunto de computadoras en un área geográfica pequeña, generalmente un edificio o un conjunto de edificios cercanos o en un campus.

Las redes metropolitanas, también conocidas como MAN (Metropolitan Área Networks), cubren por lo general un área geográfica restringida a las dimensiones de una ciudad. Usualmente se componen de la interconexión de varias redes locales y utilizan alguna facilidad pública de comunicación de datos.

Por otro lado, las redes de área amplia, también denominadas WAN (Wide Área Networks), son las primeras redes de comunicación de datos que se utilizaron. Estas redes cubren áreas geográficas muy grandes, del tamaño de un país o incluso del mundo entero, como es el caso de la red Internet.

## **2.4 Necesidades de evolución tecnológica.**

Las redes computacionales que operan en la actualidad están formadas por una jerarquía de redes de área amplia, redes metropolitanas y redes locales interconectadas entre sí.

Las redes que operan en áreas geográficas reducidas tales como un departamento, un edificio o una corporación son redes de área local. Algunas de estas redes están interconectadas entre sí formando redes metropolitanas y estas a su vez se interconectan a las redes de área amplia para permitir la comunicación entre puntos muy distantes geográficamente hablando. También se tienen redes de área local conectadas directamente a redes de área amplia.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Una red local aislada proporciona algunos beneficios; sin embargo, para poder explotar el potencial que proporcionan las redes computacionales, será necesario que esta red se interconecte con otras redes locales y con redes de área amplia.

Las redes de computadoras están hechas con enlaces de comunicaciones que transportan datos (sistema de comunicación), entre dispositivos conectados a la red.

Los enlaces (canales de comunicación) se pueden realizar con cables, fibras ópticas o cualquier otro medio de comunicación.

### **2.5 Desarrollo de las redes informáticas.**

Las redes han evolucionado desde su creación y seguirán evolucionando a medida que la tecnología de conectividad que las soporte, se siga desarrollando.

Esta evolución se ha llevado a cabo en los últimos diez años y corresponde en gran medida a:

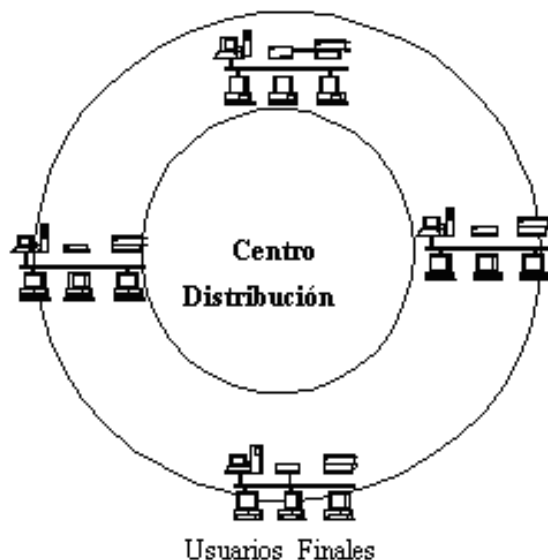
- ◆ El desarrollo de nuevas corrientes en la gestión de los Servicios Informáticos.
- ◆ El surgimiento de nuevos productos y tecnologías.
- ◆ Las nuevas utilidades que la computación y las redes presentan a la comunidad, las empresas y las instituciones en general.

En la actualidad se puede distinguir a las redes de computadoras en relación a su evolución. Esta clasificación está marcada en generaciones; así, tenemos:

- ◆ Redes de primera generación.
- ◆ Redes de segunda generación.
- ◆ Redes de tercera generación.

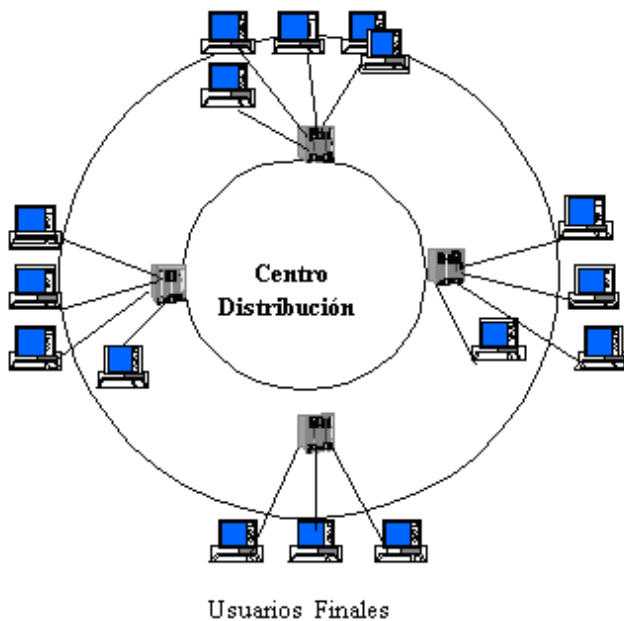
#### **2.5.1 Redes de primera generación.**

La primera generación de redes, se caracterizaba por utilizar tecnología propietaria del proveedor de los equipos. Se basaban en la tecnología de Barra o Bus (salvo en el caso de IBM, que proveía la tecnología de anillo o Token Ring), la cobertura era departamental y se administraba en forma local. Lo anterior se muestra en la figura siguiente:



### 2.5.2 Redes de segunda generación.

En esta segunda generación, las redes informáticas se están basando en estándares de tecnología, hacen uso de una topología estrella, soportadas en concentradores o Hub. Su área de influencia es empresarial, disponen en algunos casos de un ruteador central y se dispone de una capacidad de administración por segmentos, como se muestra en la figura siguiente:





### 2.5.3 Redes de tercera generación.

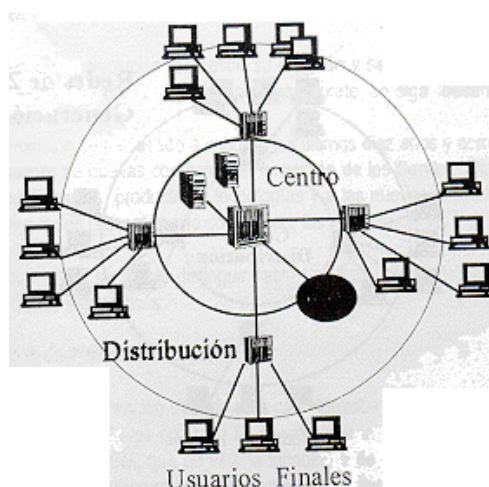
La Tercera generación está sustentada en principios de:

- ◆ Escalabilidad. Entendida por el crecimiento en el servicio a usuarios dentro de la institución (desde 5 usuarios a 50, luego a 100, para llegar a 1000 o más), así como la capacidad de implantar componentes complejos que permitan tal crecimiento.
- ◆ Flexibilidad. Para adaptarse a la infraestructura civil de los locales y ambientes de la empresa y/o institución.
- ◆ Seguridad. En la infraestructura de red y de sus componentes dentro de los ambientes e instalaciones.
- ◆ Operabilidad. Soportada sobre principio de fácil instalación y manipulación de los componentes de la red informática.

Estas características podemos centrarlas en:

- ◆ Gran ancho de banda escalable.
- ◆ Servidores Centralizados.
- ◆ Distribución switchada.
- ◆ Cableado estructurado.

La forma de representar una red informática de tercera generación, es la que se puede observar en la siguiente figura:



## **2.6 Modelo OSI.**

En 1977, la Organización Internacional de Estándares (ISO), integrada por industrias representativas del medio, creó un subcomité para desarrollar estándares de comunicación de datos que promovieran la accesibilidad universal y una interoperabilidad entre productos de diferentes fabricantes.

El resultado de estos esfuerzos es el Modelo de Referencia Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI).

El Modelo OSI es un lineamiento funcional para tareas de comunicaciones y, por consiguiente, no especifica un estándar de comunicación para dichas tareas. Sin embargo, muchos estándares y protocolos cumplen con los lineamientos del Modelo OSI.

OSI nace de la necesidad de uniformizar los elementos que participan en la solución del problema de comunicación entre equipos de cómputo de diferentes fabricantes. Estos equipos presentan diferencias en:

- ◆ Procesador Central.
- ◆ Velocidad.
- ◆ Memoria.
- ◆ Dispositivos de Almacenamiento.
- ◆ Interfaces para Comunicaciones.
- ◆ Códigos de caracteres.
- ◆ Sistemas Operativos.

Estas diferencias propician que el problema de comunicación entre computadoras no tenga una solución simple. Dividiendo el problema general de la comunicación, en problemas específicos, facilitamos la obtención de una solución a dicho problema.

### **2.6.1 Beneficios del Modelo OSI.**

Esta estrategia establece dos importantes beneficios:

- ◆ Mayor comprensión del problema.
- ◆ La solución de cada problema específico puede ser optimizada individualmente.

### **2.6.2 Objetivos del Modelo OSI.**

Este modelo persigue un objetivo claro y bien definido:

“Formalizar los diferentes niveles de interacción para la conexión de computadoras habilitando así la comunicación del sistema de cómputo independientemente de:

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ El fabricante.
- ◆ La arquitectura.
- ◆ La localización.
- ◆ El Sistema Operativo.

Este objetivo tiene las siguientes aplicaciones:

- ◆ Obtener un modelo de referencia estructurado en varios niveles en los que se contemple desde el concepto BIT hasta el concepto de aplicación.
- ◆ Desarrollar un modelo en el cual cada nivel define un protocolo que realiza funciones específicas diseñadas para atender el protocolo de la capa superior.
- ◆ No especificar detalles de cada protocolo.
- ◆ Especificar la forma de diseñar familias de protocolos, esto es, definir las funciones que debe realizar cada capa.

El objetivo, a largo plazo, de ISO es desarrollar una compatibilidad total inter-sistemas, entre los muchos productos y servicios ofrecidos por los proveedores y las redes transportadoras alrededor del mundo.

### **2.6.3 Estructura del Modelo OSI de ISO**

El objetivo perseguido por OSI establece una estructura que presenta las siguientes particularidades:

- ◆ Estructura multinivel.
- ◆ Puntos de acceso.
- ◆ Dependencias de niveles.
- ◆ Encabezados.
- ◆ Unidades de información.

#### **2.6.3.1 Estructura multinivel.**

Se diseñó una estructura multinivel con la idea de que cada nivel se dedique a resolver una parte del problema de comunicación. Esto es, cada nivel ejecuta funciones específicas. Lo anterior se realiza con las siguientes condiciones:

- ◆ El nivel superior utiliza los servicios de los niveles inferiores.
- ◆ Cada nivel se comunica con su similar en otras computadoras, pero debe hacerlo enviando un mensaje a través de los niveles inferiores en la misma computadora.

- ◆ La comunicación inter nivel está bien definida. El nivel N utiliza los servicios del nivel N-1 y proporciona servicios al nivel N+1.

### **2.6.3.2 Puntos de acceso.**

Entre los diferentes niveles existen interfaces llamadas "puntos de acceso" a los servicios.

### **2.6.3.3 Dependencias de niveles.**

Cada nivel es dependiente del nivel inferior y también del superior.

### **2.6.3.4 Encabezados.**

En cada nivel, se incorpora al mensaje un formato de control. Este elemento de control permite que un nivel en la computadora receptora se entere de que su similar en la computadora emisora esta enviándole información.

Cualquier nivel dado, puede incorporar un encabezado al mensaje. Por esta razón, se considera que un mensaje esta constituido de dos partes:

- ◆ Encabezado.
- ◆ Información.

Entonces, la incorporación de encabezados es necesaria aunque representa un lote extra de información, lo que implica que un mensaje corto pueda ser voluminoso.

Sin embargo, como la computadora destino retira los encabezados en orden inverso a como fueron incorporados en la computadora origen, finalmente el usuario sólo recibe el mensaje original.

### **2.6.3.5 Unidades de información.**

En cada nivel, la unidad de información tiene diferente nombre y estructura.

## **2.6.4 Niveles del Modelo OSI.**

Los niveles o capas del modelo OSI se pueden observar en una figura como la siguiente:

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

Aplicación.
Presentación.
Sesión.
Transporte.
Red.
Enlace de datos.
Físico.

Cada uno de estos niveles tiene sus propias características y tareas.

#### **2.6.4.1 Nivel Físico.**

La Capa de control de interconexión física provee las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento, necesarias para establecer, mantener y liberar conexiones físicas entre el dispositivo terminal (DTE) y el punto de conexión a la red (DCE), o entre dos DTE's.

Este nivel define el medio de comunicación utilizado para la transferencia de información, dispone del control de este medio y especifica bits de control; esto mediante:

- ◆ Definir conexiones físicas entre computadoras.
- ◆ Describir el aspecto mecánico de la interfaz física.
- ◆ Describir el aspecto eléctrico de la interfaz física.
- ◆ Describir el aspecto funcional de la interfaz física.
- ◆ Definir la Técnica de Transmisión.
- ◆ Definir el Tipo de Transmisión.
- ◆ Definir la Codificación de Línea.
- ◆ Definir la Velocidad de Transmisión.
- ◆ Definir el Modo de Operación de la Línea de Datos.

#### **2.6.4.2 Nivel Enlace de datos.**

La capa de enlace de datos (DLC) provee la conexión lógica a través de la línea, el direccionamiento, el secuenciamiento y la recuperación de errores.

Existe una dirección de enlace que identifica una conexión de enlace en la capa DLC. En esta capa (DLC: Data Line Control), se determina el uso de una disciplina de comunicaciones conocida como HDLC (High-Level Data Link Control). El HDLC es el protocolo de línea considerado como un estándar universal, al cual muchos toman como modelo.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Los datos, en HDLC, se organizan en tramas. La trama es un encuadre de los datos según un formato determinado. Por lo tanto juntando las funciones de las capas 1 y 2, ya tenemos la forma de conectar físicamente dos nodos adyacentes y de transferir un mensaje de datos entre ellos, manejando direccionamiento, control de errores, etc., según se especifica en HDLC.

Es decir, este nivel proporciona facilidades para la transmisión de bloques de datos entre dos estaciones de red. Esto es, organiza los 1's y los 0's del Nivel Físico en formatos o grupos lógicos de información. Para:

- ◆ Detectar errores en el nivel físico.
- ◆ Establecer esquema de detección de errores para las retransmisiones o reconfiguraciones de la red.
- ◆ Establecer el método de acceso que la computadora debe seguir para transmitir y recibir mensajes.
- ◆ Realizar la transferencia de datos a través del enlace físico.
- ◆ Enviar bloques de datos con el control necesario para la sincronía.

En general controla el nivel y es la interfaz con el nivel de red, al comunicarle a éste una transmisión libre de errores.

### **2.6.4.3 Nivel Red.**

Esta capa provee el control entre dos nodos adyacentes, ya sea en punto o en red. Una o más conexiones de red pueden ser ubicadas en la misma conexión de enlace y se distinguen por sus direcciones.

Las funciones proporcionadas por este estrato incluye el ruteo de los mensajes, las notificaciones de errores y opcionalmente segmentación y el bloqueo. La utilidad de esta capa puede verse como de "dirección del control entre los puntos de conmutación", más que como proveedora de ayuda para la transferencia de datos entre esos puntos.

En este estrato se determina el formato del campo de información de la trama HDLC. A esto se le llama paquete y es un término muy popular a raíz de la difusión del uso de redes X.25 o de conmutación de paquetes (packet switching).

Estos tres niveles recomiendan procedimientos para solucionar los requerimientos de conexión entre un DTE y un DCE, para efectos de realizar la transmisión de mensajes con propósitos prácticos y con un buen grado de confiabilidad en general:

- ◆ Este nivel define el enrutamiento y el envío de paquetes entre redes.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Es responsabilidad de este nivel establecer, mantener y terminar las conexiones.
- ◆ Este nivel proporciona el enrutamiento de mensajes, determinando si un mensaje en particular deberá enviarse al nivel 4 (Nivel de Transporte) o bien al nivel 2 (Enlace de datos).
- ◆ Este nivel conmuta, enruta y controla la congestión de los paquetes de información en una sub-red.
- ◆ Define el estado de los mensajes que se envían a nodos de la red.

### **2.6.4.4 Nivel Transporte.**

El nivel 4 proporciona el control entre nodos de usuarios a través de la red. Se hace necesario llevar "en memoria " dos direcciones: el destino final y el destino inmediato. Solamente en el último tramo, ambos destinos coincidirán. Cada nodo en la red debe enviar el mensaje hacia un punto perteneciente a la ruta más conveniente para llegar al destino final. Los criterios de selección de ruta dependen de diversos factores.

Las capas 1 a 4 de OSI, conforman el subsistema de transporte. La capa 4 releva a las sesiones, de cualquier consideración de detalle referente a la forma en la cual se realiza la transferencia de datos. Una conexión de transporte se identifica por un "identificador de punto final de transporte" y una o más conexiones de transporte pueden ubicarse dentro de la misma conexión de red este nivel, entonces:

- ◆ Actúa como un puente entre los tres niveles inferiores totalmente orientados a las comunicaciones y los tres niveles superiores totalmente orientados al procesamiento.
- ◆ Garantiza una entrega confiable de la información.
- ◆ Asegura que la llegada de datos del nivel de red encuentra las características de transmisión y calidad de servicio requerido por el nivel 5 (Sesión).
- ◆ Define como direccionar la localidad física de los dispositivos de la red.
- ◆ Asigna una dirección única de transporte a cada usuario.
- ◆ Define una posible multi canalización. Esto es, puede soportar múltiples conexiones.
- ◆ Define la manera de habilitar y deshabilitar las conexiones entre los nodos.
- ◆ Determina el protocolo que garantiza el envío del mensaje.
- ◆ Establece la transparencia de datos así como la confiabilidad en la transferencia de información entre dos sistemas.

### **2.6.4.5 Nivel Sesión.**

La capa de control de sesión provee el soporte para interacciones entre entidades que cooperan en la Capa de Presentación. Las funciones de la capa de sesión se pueden dividir en dos categorías:

- ◆ Determinación y cancelación de contrato entre dos entidades de la Capa de Presentación (a esto se le llama Servicio de Administración de Sesión).
- ◆ Control de intercambio de datos, entre esas dos entidades, comprendiendo sincronización, delimitación y recuperación de operaciones con los datos (a esto se le llama Servicios de Diálogos de Sesión).

Una sesión se identifica por "identificadores de destino final". Se han definido tres tipos de interacciones: dos vías simultáneas, dos vías alternadas y una vía. De manera general, el nivel de control de sesión se encarga de:

- ◆ Proveer los servicios utilizados para la organización y sincronización del diálogo entre usuarios y el manejo e intercambio de datos.
- ◆ Establecer el inicio y término de la sesión.
- ◆ La recuperación de la sesión.
- ◆ El Control del diálogo; establece el orden en que los mensajes deben fluir entre usuarios finales.
- ◆ Referenciar a los dispositivos por nombre y no por dirección.
- ◆ Permitir escribir programas que correrán en cualquier instalación de red.

### **2.6.4.6 Nivel Presentación.**

La capa de servicios de presentación proporciona un conjunto de servicios de conversión y descifrado que la Capa de Aplicación (7) puede seleccionar, para poder interpretar el significado de los datos intercambiados. El modelo identifica tres ejemplos de protocolos en la capa 6:

- ◆ Protocolos de terminal virtual.
- ◆ Protocolos de archivo virtual.
- ◆ Protocolos de transferencia de trabajos y manipulación.



## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Otra de las cosas que se puede incluirse en esta capa es la conversión de código. Estos servicios de presentación son independientes de la ubicación.

Entre sus funciones principales podemos enumerar las siguientes:

- ◆ Traduce el formato y asignan una sintaxis a los datos para su transmisión en la red.
- ◆ Determina la forma de presentación de los datos sin preocuparse de su significado o semántica.
- ◆ Establece independencia a los procesos de aplicación considerando las diferencias en la representación de datos.
- ◆ Proporciona servicios para el nivel de aplicaciones al interpretar el significado de los datos intercambiados.
- ◆ Opera el intercambio.
- ◆ Opera la visualización.

### **2.6.4.7 Nivel Aplicación.**

Todas las otras capas existen en función de brindar soporte a ésta. Una aplicación se compone de procesos cooperantes que se intercomunican mediante el uso de los protocolos definidos en esta capa. Estos procesos de aplicación son la fuente y el destino último de los datos intercambiados.

El nivel de aplicación:

- ◆ Proporciona servicios al usuario del Modelo OSI.
- ◆ Proporciona comunicación entre dos procesos de aplicación, tales como: programas de aplicación, aplicaciones de red, etcétera.
- ◆ Proporciona aspectos de comunicaciones para aplicaciones específicas entre usuarios de redes: manejo de la red, protocolos de transferencias de archivos (ftp), etcétera.

## **2.7 Historia de las redes locales.**

Las redes locales de información son una gran herramienta en la actualidad. Por ello, es necesario conocer las pautas a través del tiempo, que nos permiten su uso en la era moderna que vivimos.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

El arte de la comunicación es tan antiguo como la humanidad. En la antigüedad se usaban tambores y humo para transmitir información entre localidades. A medida que pasó el tiempo se crearon otras técnicas, tales como los semáforos.

La era de la comunicación electrónica se inicio en 1834 con el invento del telégrafo, y su código asociado, que debemos a Samuel Morse. El código Morse utilizaba un número variable de elementos (puntos y rayas) con el objeto de definir cada carácter.

El invento del telégrafo adelanto la posibilidad de comunicación humana, no obstante de tener muchas limitaciones. Uno de los principales defectos fue la incapacidad de automatizar la transmisión. Debido a la incapacidad técnica de sincronizar unidades de envío y recepción automáticas y a la incapacidad propia del código Morse de apoyar la automatización, el uso de la telegrafía estuvo limitado a claves manuales hasta los primeros años del siglo XX.

En el año de 1874 Emil Baudot en Francia ideó un código en el cual el número de elementos (bits) en una señal era el mismo para cada carácter y la duración (sincronización) de cada elemento era constante. Ese código fue llamado de longitud constante.

Los trabajos sobre el problema de la sincronización comenzaron en 1869 con el desarrollo de la máquina de escribir de teclado teleimpresor en Europa. Este equipo operaba sincrónicamente; es decir, cada carácter tenía sus propios comandos start/stop, al comienzo y al final de cada grupo del código.

En 1876 se observa que cambios en las ondas de sonido al ser transmitidas, causan que granos de carbón cambien la resistividad, cambiando por consiguiente la corriente.

En 1877 se instala la primera línea telefónica entre Boston y Somerville, Mass.

En 1910, un americano llamado Howard Krum introdujo mejoras en este incipiente concepto de sincronización y lo aplicó al código de longitud constante de Baudot. Este desarrollo, llamado sincronización start/stop, condujo a la rápida difusión del uso de equipos automáticos de telegrafía.

En 1928 los teleimpresores habían sido completamente mecanizadas: incorporaban un lector y un perforador de cinta de papel accionado por teclado; transmitían ya fuera directamente por medio del teclado o por medio de la cinta y el producto final era cinta perforada o bien, copia impresa.

Esta clase de equipo teleimpresor mecánico originalmente empleaba el código de 5 niveles de Baudot y operaba a velocidades de 45 a 75 bits por segundo. Más tarde se introdujeron versiones del código ASCCI de 8 niveles que operaban a 110 bps. Pero, incluso hasta 1970 se instalaron en todo el mundo mayor cantidad de dispositivos que empleaban el código de Baudot, de 100 años de antigüedad, que dispositivos que empleaban cualquier otro código.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

A medida que las comunicaciones se volvieron más sofisticadas, en el comienzo de los años 50 se introdujeron dispositivos electromecánicos centrales para realizar tareas como invitación (notificando en secuencia a cada estación del mismo circuito para transmitir su tráfico) y selección (notificando a una determinada estación que debe recibir un mensaje).

Paralelamente al desarrollo del telégrafo tuvo lugar el desarrollo del teléfono. El primer teléfono para uso comercial se instaló en 1877. Este sistema tenía un tablero manual. Permitía la comunicación por medio de la voz y el telégrafo a través de la misma línea, valiéndose de comunicación alternada.

Alrededor de 1908, los sistemas de discado se habían difundido por casi la totalidad de EE.UU.

Así, alrededor de 1920 se habían establecido los principios básicos de telecomunicaciones, conmutación de mensajes y control de línea. Los sistemas se construyeron con base en comunicación a través de la voz y transmisión (ST/SP) de caracteres de datos.

Luego de la Segunda Guerra Mundial comenzó el desarrollo comercial del computador. Como estas primeras máquinas eran orientadas a lotes, no existía la necesidad de interconectarse con el sistema de comunicación que abarcaba toda la nación. Sin embargo más adelante la industria tomó conciencia de la conveniencia de que máquinas y gente hablaran entre sí.

Dado que el único sistema de comunicación disponible era el telefónico, naturalmente, los computadores en evolución, habrían de desarrollarse siguiendo vías que les permitieran usar este servicio.

Entre tanto, el crecimiento del uso de la comunicación fue simultáneo al crecimiento de la tecnología de los computadores y en parte, favorecido por él. Las redes de conmutación de mensajes, reservación y transacciones financieras de los años 50 y 60 usaban computadores centralizados comparativamente sofisticados para controlar grandes poblaciones de dispositivos y terminales primitivas.

A medida que esas redes crecían en lo que se refiere a volúmenes de tráfico y poblaciones de terminales, el aspecto no controlado de la operación de las terminales se volvió inaceptable.

Luego de muchos estudios, los arquitectos del sistema finalmente determinaron que las terminales destinadas a la operación de redes basadas en computadoras debían permitir un grado de control más depurado que el alcanzado por los primeros métodos basados en electromecánica.

## **2.8 Evolución de las redes neuronales.**

Con la tecnología de las redes locales y su uso constante, surge una nueva modalidad que, en gran medida, no tiene mucho que ver con su antecesor.

Muchos de los desarrollos del hombre se deben a su capacidad para explicar y emular funciones que son realizadas por seres vivos. Por ejemplo:

- ◆ El radar, que surge como imitación de la forma como un murciélago es capaz de detectar los objetos que están en su camino sin necesidad de verlos, por medio de emisión de una onda ultrasónica, la posterior recepción de la señal de eco y su procesamiento.
  
- ◆ El helicóptero.
  
- ◆ El avión.
  
- ◆ El submarino.
  
- ◆ Etcétera.

Aunque el hombre ha sido capaz de emular funciones de los animales, para él siempre ha sido un sueño poder conocer e imitar, la llamada por muchos la máquina perfecta:

### **El cerebro humano**

Cuando la neurociencia pudo explicar de forma un poco convincente el funcionamiento de la unidad principal de procesamiento de información que posee el cerebro, la neurona, surge casi de manera automática la idea de poder emular dicho funcionamiento en un elemento artificial "La neurona artificial."

#### **2.8.1 Antecedentes históricos.**

El primer desarrollo de la neurona formal, es presentado por McCulloch y Pitts en 1943 en su trabajo "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity" En este trabajo, las neuronas fueron presentadas como modelos de las neuronas biológicas y como componentes conceptuales de los circuitos que pueden desarrollar eventos computacionales.

Hebb señaló en 1949 en su trabajo "The Organization of Behavior", que si dos neuronas que están interconectadas entre sí, se activan al mismo tiempo esto indica que existe un incremento en la fuerza sináptica. Así mismo, la forma de corrección que emplea esta regla, es incrementar la magnitud de los pesos si ambas neuronas están inactivas al mismo tiempo.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

Recientemente, en abril de 2008, se ha publicado en la Revista CT/Catastro Número 62 un artículo que asocia el uso de las redes neuronales, propias de los sistemas inteligentes y un concepto muy extendido en la computación (de aplicación en diversos sectores como el de la bolsa, la banca, la medicina, el medio ambiente, etcétera), como método para realizar una valoración inmobiliaria. Es decir, la red neuronal artificial nos dice de forma "inteligente", cual es el precio que tiene mi casa.

En el artículo se hace una comparación de dos metodologías de valoración:

- ◆ El hedónico (que es el que usan normalmente las empresas de tasación en donde se valora en función de las características del inmueble y de su localización).
- ◆ La metodología de las redes neuronales, donde se crea una red inteligente que va aprendiendo y reduciendo los errores en función de las muestras que recoge y los resultados que obtiene.

Es como si tratásemos de diseñar el cerebro de un tasador, con las mismas variables que influyen en sus decisiones, y además lo proveemos de ese "ojo clínico" que ha desarrollado a lo largo de los años.

En el estudio se toman como muestra 2.888 datos de viviendas vendidas en el año 2006 en la ciudad de Córdoba, se aplican las dos metodologías y finalmente se comparan los resultados.

La conclusión del artículo, es que es la valoración mediante una red neuronal, es general es más satisfactoria que la valoración mediante el método hedónico, aunque hay que tener en cuenta que existen algunos inconvenientes que hacen que no siempre sea un método superior. Además, la red neuronal presenta mejores resultados cuando el inmueble tiene características especiales.

También es interesante otro artículo publicado Modelos de Valoración Automatizada, que dice que este tipo de estudios contribuyen de alguna forma al tan deseado sistema de valoración automática con resultados fiables. Es un trabajo de investigación cuya responsabilidad es del Ministerio de Economía y Hacienda, porque de alguna manera trata de valorar lo que tienes y en función de ello cobrarte los impuestos. Obviamente es un trabajo además de suma importancia para el mercado inmobiliario.

El cerebro es uno de los objetos más complejos que han evolucionado. Más de cien mil millones de neuronas se comunican entre sí formando una red ampliamente ramificada.

Las neuronas procesan la información representada por impulsos eléctricos. Cada célula computa las señales de las neuronas presinápticas. El que genere un nuevo impulso depende del resultado de este cálculo.

En la actualidad, Marc Timme y sus colaboradores han analizado matemáticamente tal sistema de transmisión de señales neuronales y han verificado su teoría mediante simulaciones por ordenador.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Al igual que en el cerebro, la dinámica de la transmisión de señales neuronales en el modelo matemático no sigue un orden reconocible; el modo en que se transmiten los impulsos aparenta ser imprevisible. Pero, ¿cuán impredecible es en realidad tal sistema?.

Los científicos llaman "caótico" a un sistema si pequeñas diferencias en sus estados iniciales desencadenan resultados muy diferentes después de un período de tiempo. El comportamiento de los sistemas caóticos, por ende, no puede predecirse a largo plazo.

El matemático y meteorólogo Edward N. Lorenz visualizó este efecto en la década de 1960. En 1996, investigadores de la Universidad Hebrea, en Israel, demostraron en un estudio teórico que la irregular actividad neuronal del cerebro puede ser explicada por el comportamiento caótico. Así, la red desarrollaría una dinámica muy diferente, incluso cuando sólo una neurona transmitiera una señal una fracción de segundo más temprano o más tarde.

En los últimos diez años, muchos neurocientíficos han asumido que tal comportamiento caótico explica por regla general las irregularidades observadas.

Como Timme y sus colegas han descubierto ahora, la actividad caótica sólo surge bajo ciertas condiciones y no constituiría una regla general para tales redes.

Una combinación de varios métodos nuevos ha hecho posible para los investigadores tener en cuenta cada impulso aislado de una neurona en una red. Y por eso han podido mostrar que, bajo ciertas condiciones, una red neuronal es increíblemente insensible a cambios temporales pequeños de los impulsos neuronales.

Aunque la red parece ser altamente irregular según mediciones estadísticas, esto no es necesariamente un indicativo de sistema caótico. De hecho, puede resultar predecible durante un período de tiempo más largo de lo que se creía hasta ahora.

### **2.8.2 Reseña histórica.**

Las simulaciones de redes neuronales no son un desarrollo reciente. Este campo fue establecido antes del advenimiento de los computadores, pero su verdadero desarrollo tuvo lugar cuando las simulaciones por computador fueron factibles por capacidad de procesamiento y bajo costo.

Luego de un periodo inicial de entusiasmo, las redes neuronales cayeron en un periodo de frustración y desprestigio. Durante este periodo, cuando el soporte económico y computacional era mínimo, solo unos pocos investigadores consiguieron logros importantes.

Estos pioneros fueron capaces de desarrollar una tecnología que sobrepasara las limitaciones identificadas por Minsky and Papert en 1969, cuando publicaron un libro con el que sembraron un desencanto y frustración general en la comunidad científica

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

contra las redes neuronales, que aceptó las conclusiones de estos investigadores sin un mayor análisis.

Actualmente, las redes neuronales es un campo en el cual resurgió el interés y correspondientemente la financiación para investigar en las mismas ha aumentado.

La historia de las redes neuronales puede dividirse en varios periodos, estos son:

- ◆ Primeros intentos.
- ◆ Tecnología emergente y promisoría.
- ◆ Periodo de frustración y desprestigio.
- ◆ Innovación.
- ◆ Resurgimiento.
- ◆ Ho.

### **2.8.2.1 Primeros intentos.**

Se realizaron algunas simulaciones usando lógica formal. McCulloch and Pitts (1943) desarrollaron modelos de redes neuronales basados en su conocimiento de neurología.

Dichos modelos tenían varios supuestos acerca del funcionamiento de las neuronas. Sus redes se basaban en neuronas simples, consideradas como dispositivos binarios con umbrales fijos.

Los resultados de sus modelos fueron funciones lógicas elementales tales como "a o b" y "a y b". Dos grupos lo intentaron usando simulaciones computacionales:

- ◆ Farley and Clark, en 1954.
- ◆ Rochester, Holland, Haibit and Duda, en 1956.

El primer grupo conformado por investigadores de IBM mantenía un contacto cercano con neurocientíficos de la universidad de McGill, estableciendo una tendencia interdisciplinaria que se mantiene en la actualidad.

### **2.8.2.8 Tecnología emergente y promisoría.**

No solo la neurociencia influía en el desarrollo de las redes neuronales, también los físicos y los ingenieros contribuían al progreso de las simulaciones de redes neuronales.

Rosenblatt (1958) revitalizó fuertemente el interés y la actividad en esta área cuando diseñó y desarrolló su Perceptrón.

El Perceptrón tiene tres capas, incluida la capa del medio denominada de asociación. Este sistema pudo aprender a conectar y asociar unas entradas dadas a una unidad de salida aleatoria.

Otro sistema fue el ADALINE (ADAPtive LInear Element) el cual fue desarrollado en 1960 por Widrow and Hoff (de la Universidad de Stanford ). El ADALINE fue un dispositivo electrónico analógico hecho de componentes simples, con un método de aprendizaje diferente al del Perceptrón, empleando una regla de aprendizaje basada en mínimos cuadrados (LMS).

### **2.8.2.3 Periodo de frustración y desprestigio.**

En 1969 Minsky and Papert escribieron un libro en cual ellos generalizaban las limitaciones de un Perceptrón monocapa a sistemas multicapa. En el libro ellos decían:

"...nuestro intuitivo juicio es que la extensión (a sistemas multi capa) es una tarea estéril".

El resultado de las afirmaciones de este libro fue eliminar la financiación para los investigadores que trabajaban con simulaciones de redes neuronales. Las conclusiones del libro de Minsky and Papert soportadas con el desencanto de los investigadores en el área, trajo como resultado un gran prejuicio contra la actividad de la misma.

### **2.8.2.4 Innovación.**

Aunque el interés público por las redes neuronales era mínimo, varios investigadores continuaron trabajando en el desarrollo de métodos computacionales basados en neuromorfología para problemas de identificación de patrones.

Durante este periodo varios paradigmas fueron generados, los cuales aun continúan con trabajos modernos, se puede mencionar a:

- ◆ Steve Grossberg and Gail Carpenter quienes desarrollaron la teoría de la resonancia adaptativa, ART (Adaptive Resonance Theory).
- ◆ Anderson y Kohonen (1982) quienes desarrollaron técnicas para aprendizaje asociativo.
- ◆ Hopfield (1984) quien desarrolló una red neuronal haciendo un símil energético.
- ◆ Werbos (Paul Werbos 1982) desarrolló y usó el método de aprendizaje conocido como Backpropagation, destacando que varios años después de popularizarse este método, es actualmente la arquitectura de red neuronal mejor conocida y más utilizada en las aplicaciones de redes neuronales. En esencia una red Back-propagation es un Perceptron con múltiples capas, con diferentes funciones de activación en las neuronas artificiales y con una regla de aprendizaje más robusta y confiable.



### **2.8.2.5 Resurgimiento.**

Durante el final de la década de los 70s y principios de los 80s, fue importante el resurgimiento del interés en el campo de las redes neuronales. Varios factores han influenciado este movimiento, tales como:

- ◆ La aparición de libros y conferencias que han dado a conocer las bondades de esta técnica a personas de diferentes áreas.
- ◆ Introducción de cursos en los programas académicos de las principales universidades europeas y americanas.
- ◆ El financiamiento a proyectos de investigación en redes neuronales en Europa, EUA y Japón que han hecho que aparezcan una gran variedad de aplicaciones comerciales e industriales.

### **2.8.2.6 Hoy.**

Se han realizado progresos muy significativos en el campo de las Redes Neuronales Artificiales, lo suficientes como para atraer una gran atención e interés en financiar investigaciones.

Ya se encuentran comercialmente circuitos integrados basados en Redes Neuronales Artificiales y las aplicaciones desarrolladas resuelven problemas cada vez más complejos.

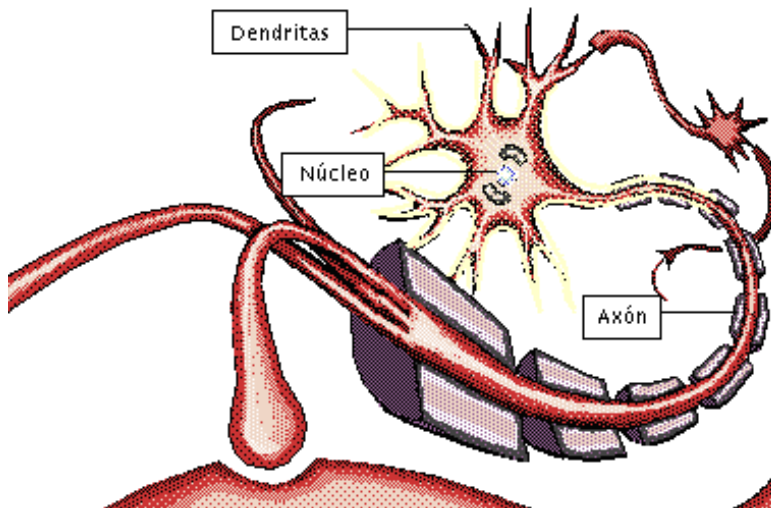
Sin lugar a dudas, hoy es un periodo de transición y fuerte evolución para la tecnología en redes neuronales.

## **2.9 Características de la neurona biológica.**

Una neurona es una célula viva, y como tal, contiene los mismos elementos que forman parte de todas las células biológicas, además, de poseer elementos característicos que la diferencian.

En general, una neurona consta de un cuerpo celular más o menos esférico de 5 a 10 micras de diámetro, del que sale una rama principal el axón, y varias ramas más cortas denominadas dendritas. A su vez el axón puede producir ramas en torno a su punto de arranque, y con frecuencia se ramifica extensamente cerca de su extremo, c lo muestra la siguiente figura:

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”



Una de las características que diferencian a las neuronas del resto de células vivas, es su capacidad de comunicarse.

En términos generales:

- ◆ Las dendritas y el cuerpo celular reciben señales de entrada, el cuerpo celular las combina e integra y emite señales de salida.
- ◆ El axón transporta esas señales a los terminales axónicos, que se encargan de distribuir información a un nuevo conjunto de neuronas.

Por lo general una neurona recibe información de miles de otras neuronas y, a su vez, envía información a miles de neuronas más. Se calcula que en el cerebro humano existen del orden de 10 a la 15 conexiones.

En la tabla que se muestra a continuación, se marca un paralelo entre un computador secuencial (Computador de Von Neumann) y un sistema biológico:

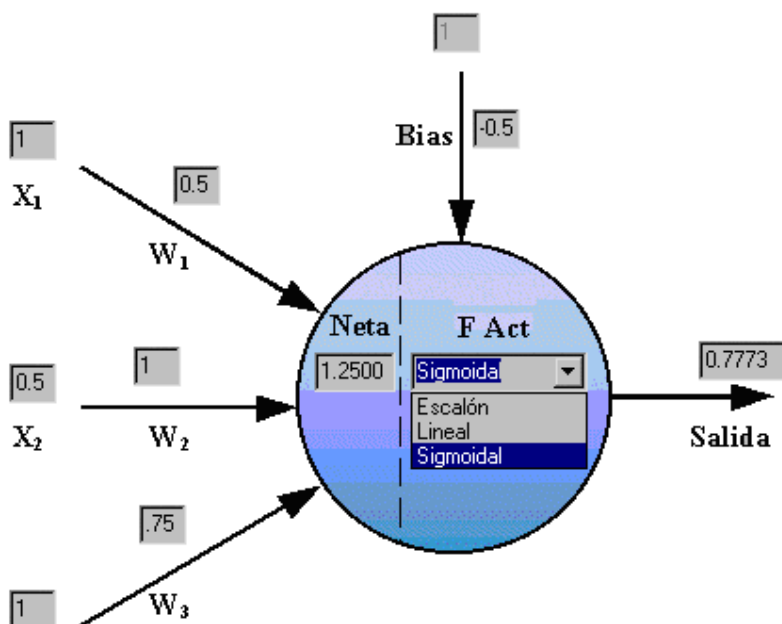
<b>Característica</b>	<b>Computador secuencial</b>	<b>Sistema biológico neuronal</b>
Unidad de Procesamiento	Compleja, Veloz, Única	Simple, Lenta, Muchas
Memoria	Separada del procesador, Localizada	Integrada dentro del procesador, Distribuida, Direccionable por contenido
Procesamiento de los Datos	Centralizado, Secuencial, Programas almacenados	Distribuido ,Paralelo, Auto aprendizaje
Confiabilidad	Muy vulnerable	Robusto
Especialización	Manipulaciones simbólicas y numéricas	Problemas perceptuales
Ambiente de operación	Bien definido, Muy restringido	Pobremente definido, Sin restricciones

## 2.10 Características de la neurona artificial.

Cualquier modelo de red neuronal consta de dispositivos elementales de procesamiento: las neuronas. A partir de ellas, se pueden generar representaciones específicas, de tal forma que un estado conjunto de ellas pueda significar una letra, un número o cualquier otro objeto. Generalmente se pueden encontrar tres tipos de neuronas:

- ◆ Aquellas que reciben estímulos externos, relacionadas con el aparato sensorial, que tomarán la información de la entrada, denominadas unidades de entrada.
- ◆ Dicha información se transmite a ciertos elementos internos que se ocupan de su proceso. Es la sinapsis y neuronas correspondientes a este segundo nivel donde se genera cualquier tipo de representación interna de la información. Puesto que no tienen relación directa con la información de entrada y de salida, estos elementos se denominan unidades ocultas.
- ◆ Una vez ha finalizado el periodo de procesado, la información llega a las unidades de salida, cuya misión es dar la respuesta del sistema.

La tecnología basada en redes neuronales artificiales es de carácter bio-inspirado pues su funcionamiento trata de imitar el funcionamiento de elementos biológicos que en este caso los constituyen las neuronas del cerebro. En la figura siguiente, se ilustra una neurona artificial.



## **2.11 Red neuronal artificial vs Red neuronal biológica.**

Antes de realizar cualquier comparación es necesario hacer notar que los científicos no se han puesto de acuerdo en diversas definiciones de su estudio; entre éstas se encuentran, precisamente, las redes neuronales.

Darpa (1988), define una red neuronal como un sistema compuesto de muchos elementos simples de procesamiento los cuales operan en paralelo y cuya función es determinada por la estructura de la red, el peso de las conexiones; realizándose el procesamiento en cada uno de los nodos o elementos de computo.

Según Haykin (1994), una red neuronal es un procesador paralelo masivamente distribuido que tiene una facilidad natural para el almacenamiento de conocimiento obtenido de la experiencia para luego hacerlo utilizable. Se parece al cerebro en dos aspectos:

- ◆ El conocimiento es obtenido por la red a través de un proceso de aprendizaje.
- ◆ Las conexiones interneuronales conocidas como pesos sinápticos son utilizadas para almacenar dicho conocimiento.

Kohonen (1998) las define como redes de elementos simples (usualmente adaptativos) masivamente interconectados en paralelo y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico.

En síntesis, se puede considerar que una Red Neuronal Artificial es un sistema de procesamiento de información que tiene ciertas características de comportamiento en común con las redes neuronales biológicas.

Las redes neuronales artificiales han sido desarrolladas como generalizaciones de modelos matemáticos del conocimiento humano o de la biología neuronal, con base en las siguientes consideraciones:

- ◆ El procesamiento de información se realiza en muchos elementos simples llamados neuronas.
- ◆ Las señales son pasadas entre neuronas a través de enlaces de conexión.
- ◆ Cada enlace de conexión tiene un peso asociado, el cual, en una red neuronal típica, multiplica la señal transmitida.
- ◆ Cada neurona aplica una función de activación (usualmente no lineal) a las entradas de la red (suma de las señales de entrada pesadas) para determinar su señal de salida.

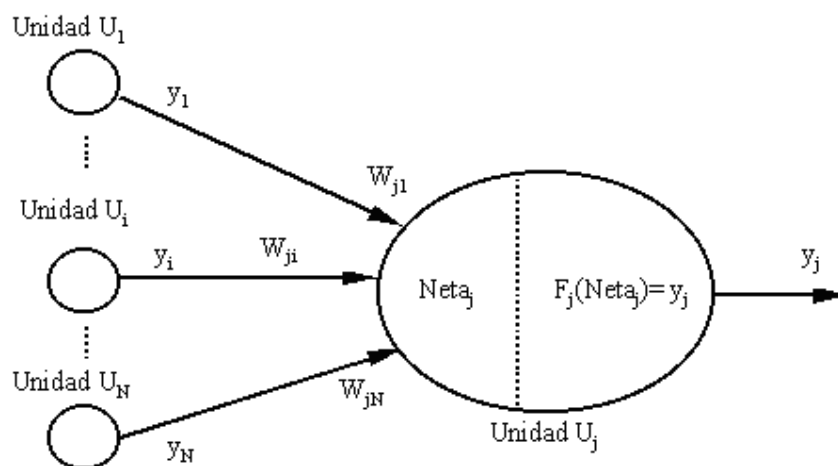
Las Redes Neuronales Artificiales han sido aplicadas en un gran número de problemas reales de complejidad considerable. Su más importante ventaja es la de resolver problemas que son muy complejos para tecnologías convencionales, problemas que no tienen una solución determinística o para los cuales una solución determinística es muy complicado encontrarla.

En general, por ser una abstracción del cerebro biológico, las Redes Neuronales Artificiales son buenas para resolver aquellos problemas que las personas resuelven adecuadamente, pero que los computadores no. Estos problemas, entre otros, incluyen reconocimiento de patrones y problemas de pronóstico (los cuales requieren el reconocimiento de una tendencia en unos datos).

## 2.12 La red neuronal y sus elementos.

Si se tienen  $N$  unidades (neuronas), y son ordenadas arbitrariamente y se puede designar la  $j$ -ésima unidad como  $U_j$ . Su trabajo es simple y único, y consiste en recibir las entradas de las células vecinas y calcular un valor de salida, el cual es enviado a todas las células restantes.

Una manera de esquematizar a la red neuronal artificial con sus elementos, es la siguiente:



### 2.12.1 Peso sináptico.

Las conexiones que unen a las neuronas de una Red Neuronal Artificial tienen asociado un peso, que es el que hace que la red adquiera un conocimiento.

Considerando  $y_i$  como el valor de salida de la neurona  $i$  en un instante dado, dicha señal es transmitida desde la neurona  $i$  a la  $j$  pero dicha señal es modificada por el valor del peso de la conexión entre las neuronas en cuestión.

La nomenclatura para el peso sináptico entre la neurona  $j$  y la neurona  $i$  es  $W_{ji}$ . El primer subíndice ( $j$ ) indica la neurona o unidad hacia donde va la conexión. El segundo subíndice ( $i$ ) indica la neurona o unidad desde donde proviene la conexión.

### 2.12.2 Entrada neta.

Una neurona o unidad de procesamiento se ve afectada por las salidas de las neuronas con las cuales ella esta conectada. El efecto total de las salidas de estas neuronas reflejado en la unidad de procesamiento que se esté analizando se conoce como neta.

La neta se puede ver como suma de los efectos de las salidas a las cuales ella está conectada. La manera como se calcula la neta se puede observar en la siguiente ecuación:

$$Neta_j = neta_1 + neta_2 + neta_3 + \dots + neta_i + \dots + neta_N$$

$$Neta_j = \sum_{i=1}^N neta_i$$

Donde

$$neta_i = w_{ji} \cdot y_i$$

Se tiene

$$Neta_j = \sum_{i=1}^N w_{ji} \cdot y_i$$

### 2.12.3 Función de activación.

Entre las unidades o neuronas que forman una red neuronal artificial existe un conjunto de conexiones que las unen. Cada unidad transmite señales a aquellas que están conectadas a su salida.

Asociada con cada unidad  $U_j$  hay una función de activación (Fact), que transforma la entrada neta que la unidad presenta como resultado de estar conectada con otras unidades que le suministran información, en el valor de salida  $Y_j$ . El cálculo de la salida evaluando la neta en la función de Activación, es como sigue:

$$y_j(t) = \text{Fact}_j(Neta_j(t))$$

Entre las funciones de activación más utilizadas se tienen:

- ◆ Función de Activación Lineal.
- ◆ Función de Activación Sigmoidal.

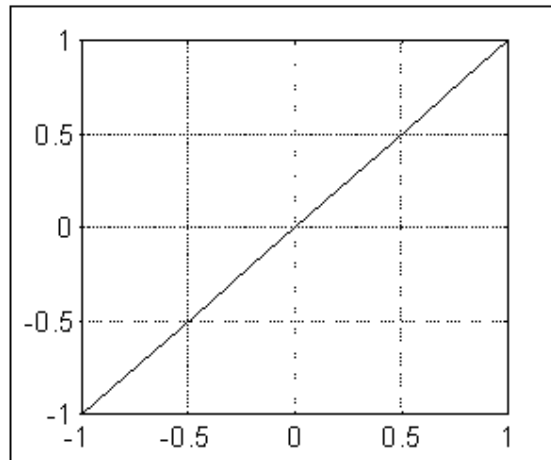
“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Función de Activación Sigmoidal Bipolar.
- ◆ Función de Activación Escalón.

Las cuales se puede graficar de la siguiente forma:

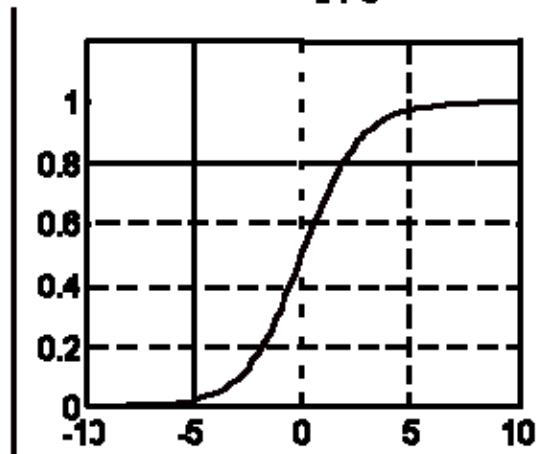
a) Función de Activación Lineal con su expresión matemática

$$f(neta) = neta$$



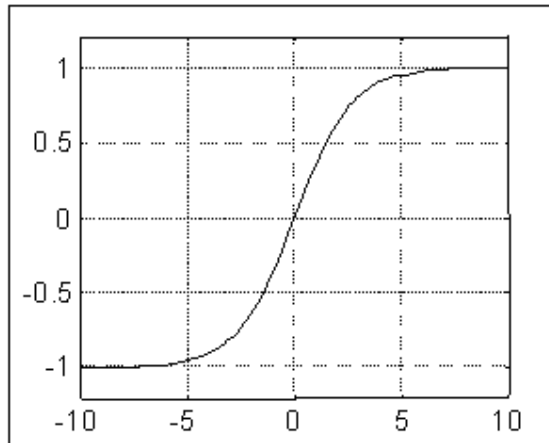
b) Función de Activación Sigmoidal con su expresión matemática

$$f(neta) = \frac{1}{1 + e^{-neta}}$$



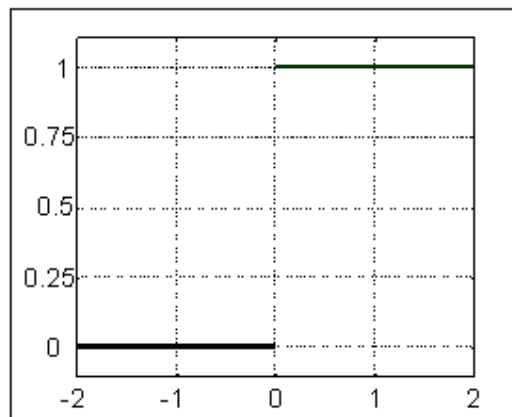
c) Función de Activación Sigmoidal Bipolar o tangente sigmoidal, con su expresión matemática

$$f(neta) = \frac{2}{1+e^{-neta}} - 1$$



d) Función de Activación Escalón con su expresión matemática

$$f(neta) = \begin{cases} 1 & neta \geq 0 \\ 0 & neta < 0 \end{cases}$$



#### 2.12.4 Regla de aprendizaje.

Aprendizaje se puede definir como la modificación del comportamiento inducido por la interacción con el entorno y como resultado de experiencias conducentes al establecimiento de nuevos modelos de respuestas ante estímulos externos.



Biológicamente, se suele aceptar que la información memorizada en el cerebro está más relacionada con los valores sinápticos de las conexiones entre las neuronas que con ellas mismas; es decir, el conocimiento se encuentra en las sinapsis.

En el caso de las redes neuronales artificiales, se puede considerar que el conocimiento se encuentra representado en los pesos de las conexiones entre las neuronas. Todo proceso de aprendizaje implica cierto número de cambios en estas conexiones. En realidad se puede decir que se aprende modificando los pesos de la red.

### **2.12.5 Niveles o capas de neuronas.**

La distribución de neuronas dentro de una red se realiza formando niveles o capas de un número de neuronas determinado, donde se conoce como capa o nivel a un conjunto de neuronas cuyas entradas provienen de la misma fuente (que puede ser otra capa de neuronas) y cuyas salidas se dirigen al mismo destino (que puede ser otra capa de neuronas).

Se pueden distinguir tres tipos de capas:

- ◆ Capa de Entrada, que es la capa que recibe directamente la información proveniente de las fuentes externas de la red.
- ◆ Capa Oculta; estas capas son internas a la red y no tiene contacto directo con el exterior. El número de niveles ocultos puede estar entre cero y un número elevado. Las neuronas de la capa oculta pueden estar interconectadas de diferentes maneras, lo que determina, junto con su número, las distintas tipologías de redes neuronales.
- ◆ Capa de Salida; éstas transfieren información de la red hacia el exterior.

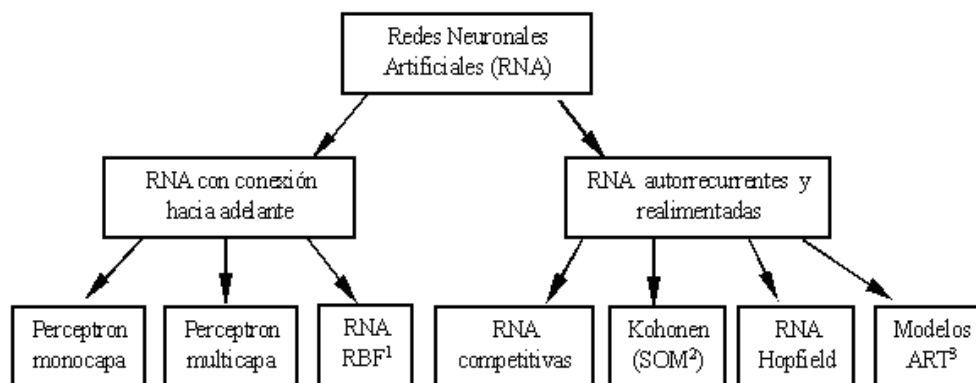
### **2.12.6 Formas de conexión entre neuronas.**

La conectividad entre los nodos de una red neuronal está relacionada con la forma en que las salidas de las neuronas están canalizadas para convertirse en entradas de otras neuronas. La señal de salida de un nodo puede ser una entrada de otro elemento de proceso, o incluso ser una entrada de su propia salida (conexión autorrecurrente).

Cuando ninguna salida de la neurona es entrada de neuronas del mismo nivel o de niveles precedente, la red se describe como de propagación hacia adelante.

Cuando las salidas pueden ser conectadas como entradas de neuronas de niveles previos o del mismo nivel, incluyéndose ellas mismas, la red es de propagación hacia atrás. Esto se muestra en la siguiente figura:

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”



1 : Radial Basis Function 2 : Self Organizing Map 3 : Adaptive Resonance Theory

### 2.12.7 Campo de aplicación.

Las Redes neuronales artificiales son interesantes para una gran cantidad de personas de diferentes áreas:

- ◆ Científicos de la computación que quieren averiguar sobre las propiedades del procesamiento de información no-simbólica con una red neuronal y sobre sistemas de aprendizaje en general.
- ◆ Estadísticos utilizan redes neuronales como modelos de clasificación y regresión no lineal flexible.
- ◆ Ingenieros de varias especialidades se aprovechan de las capacidades de redes neuronales en muchas áreas, como procesamiento de señales y control automático.
- ◆ Los científicos cognoscitivos ven redes nerviosas como un posible aparato para describir modelos de pensamiento y conciencia (función cerebral de alto-nivel).
- ◆ Neuro-fisiólogos utilizan redes neuronales para describir y explorar funciones cerebrales de medio-nivel (memoria del ej., sistema sensorial y motriz).
- ◆ Físicos usan redes neuronales para modelar fenómenos en mecánica estadística y para muchas otras tareas.
- ◆ Biólogos utilizan Redes Neuronales para interpretar sucesiones del nucleotide.
- ◆ Filósofos y otras personas también pueden ser interesados en Redes Nerviosas por las varias razones.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Las Redes Neuronales Artificiales, con su capacidad para deducir un significado desde datos complicados o imprecisos, pueden ser utilizadas para detectar patrones o detectar una tendencia que es muy compleja de hallar por una persona con modelos determinísticos o por otras técnicas computacionales tradicionales.

Una red entrenada puede ser vista como un experto en el manejo de la información que se le ha dado para analizar. Este experto puede ser utilizado para proporcionar proyecciones ante nuevas situaciones de interés.

Entre las características y ventajas representativas de las Redes Neuronales Artificiales se tienen:

- ◆ Paralelismo masivo: el procesamiento de la información es realizado por un número elevado de procesadores simples y veloces (neuronas) cuya potencia de cómputo se centra en el alto nivel de conectividad, distribuyendo de esta manera la representación y el procesamiento de los datos.
- ◆ Capacidad de aprendizaje y generalización: la RNA adquiere el conocimiento de los datos analizados en el problema para modelar una situación un proceso. Además, a partir de la información entregada (finita) está en capacidad de inferir o analizar con acierto datos no presentados en la fase de aprendizaje.
- ◆ Auto organización: Una RNA puede crear su propia organización o representación de la información que es recibida durante la etapa de aprendizaje y a partir de una estructura inicial evolucionar a una nueva y más apropiada para la solución del problema.
- ◆ Operación en tiempo real: Los cálculos en una RNA pueden ser realizados en paralelo. El diseño y fabricación de dispositivos en hardware especiales para tomar ventaja de esta capacidad, garantizan el diseño de aplicaciones complejas en tiempo real.
- ◆ Tolerancia a fallas por la redundancia de la información: La destrucción parcial de un RNA ocasiona la correspondiente degradación del funcionamiento de la red. Sin embargo, algunas capacidades de la red pueden ser conservadas a pesar de tenerse un daño grave en la misma.

Los computadores digitales actuales superan al hombre en su capacidad de cálculo numérico y el manejo de símbolos relacionales.

Sin embargo, el hombre puede solucionar problemas mucho más complejos de percepción (por ejemplo, reconocer a un amigo entre un tumulto desde un simple vistazo de su cara o al escuchar su voz, incluso por el modo de caminar; definir la habitabilidad de un aula a partir de sensaciones de temperatura, ruido, humedad, iluminación, etcétera) a muy altas velocidades y sin necesidad de concebir un complejo modelo matemático o computacional.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

La respuesta está en la arquitectura del sistema neuronal biológico que es completamente diferente a la arquitectura del computador tradicional von Neumann. Estas diferencias, le brindan un factor de diferenciación y aumento del desempeño a las RNA en aplicaciones como:

- ◆ Reconocimiento y Clasificación de Patrones.
- ◆ Categorización de Patrones ("clustering").
- ◆ Aproximación y seguimiento de funciones.
- ◆ Procesamiento de señales.
- ◆ Predicción.
- ◆ Optimización.
- ◆ Control.
- ◆ Medicina.
- ◆ Gestión financiera.

En este momento se ha dado solución a problemas con altos niveles de incertidumbre que con métodos tradicionales jamás su habría obtenido. Soluciones tan novedosas e interesantes como:

- ◆ La reconstrucción craneofacial para la identificación de hombres.
- ◆ Música neurocomputacional.
- ◆ Sistemas de detección de virus en computadores conocidos y desconocidos.
- ◆ Identificación de usuarios en cajeros automáticos desde la imagen del iris de los ojos.
- ◆ Reconocimiento de emisores en comunicaciones.
- ◆ Diagnóstico de hepatitis, recuperación de telecomunicaciones ante fallas en el software.
- ◆ Interpretación de palabras chinas.
- ◆ Detección de minas submarinas.
- ◆ Análisis de texturas.
- ◆ Reconocimiento de objetos tridimensionales.
- ◆ Reconocimiento de texto manuscrito.

### **2.13 Redes neuronales vs Redes informáticas.**

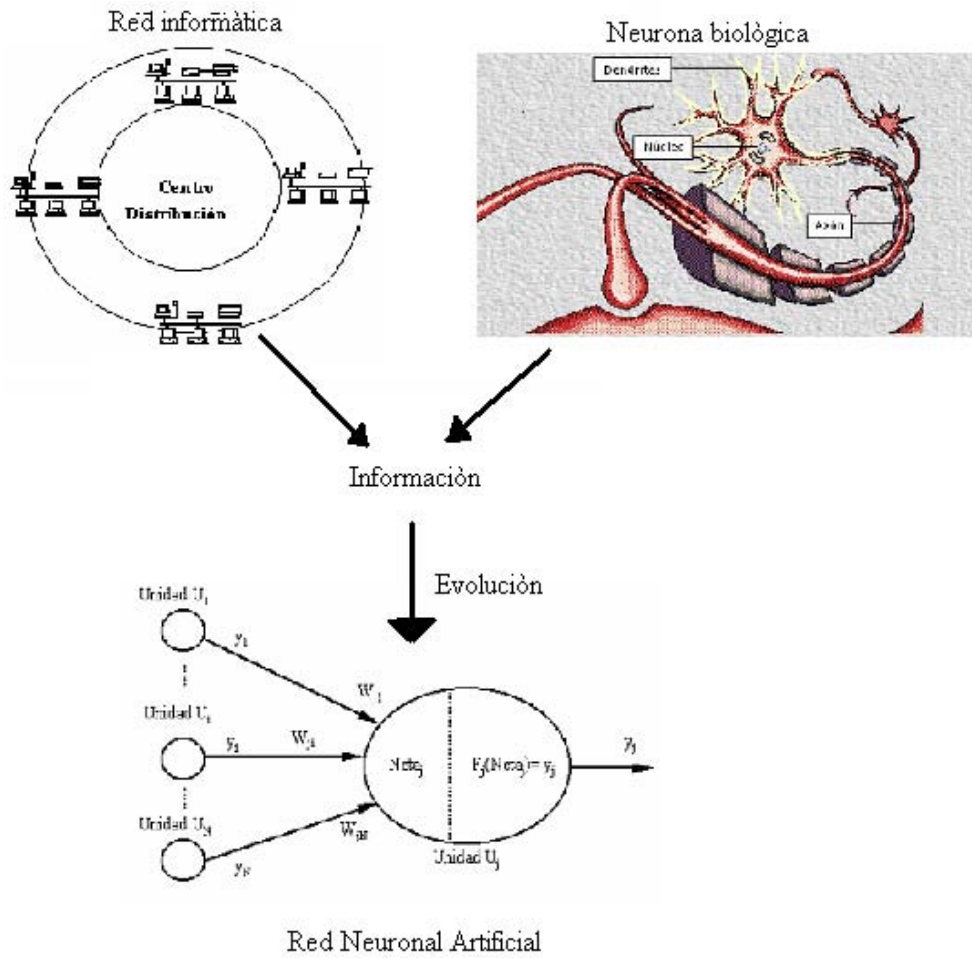
Las redes neuronales se han convertido, en la actualidad, en una herramienta muy útil e importante en campos como la robótica, la cibernética e incluso, medicina.

Pareciera que las redes neuronales no tienen gran relación (o ninguna) con las redes informáticas, lo cual no es verdad. Las redes informáticas son el inicio de la era tecnológica moderna y, sin ellas, el campo de la información se habría visto medrado en muchos aspectos.

Las redes neuronales son una evolución indirecta de las redes informáticas y, sin éstas últimas, los avances tecnológicos no hubieran podido evolucionar en la medida tan importante en que lo han hecho.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

Observando esta evolución, se puede marcar como sigue:



## Capítulo III: Cibernética y tecnología

### 3.1 Generalidades.

La cibernética, la tecnología, inteligencia artificial, redes neuronales; son conceptos muy interrelacionados entre sí. Se alimentan con información y son muy eficientes.

La cibernética es la ciencia que se ocupa de los sistemas de control y comunicación en las personas y en las máquinas.

La biónica es la ciencia que estudia los principios de la organización de los seres vivos para su aplicación a las necesidades técnicas. De ésta se deriva la construcción de modelos de materia viva; de manera particular, de las moléculas proteicas y de los ácidos nucleicos. Es quizá esta parte de la ciencia la que tiene una mayor relación con las redes neuronales artificiales.

La robótica por su parte, es una técnica que aplica la informática al diseño y el empleo de aparatos que realizan operaciones o trabajos y que, como un precio del avance de la tecnología, llega a sustituir a muchas personas. Por lo regular, la robótica encuentra su mayor campo de aplicación en las instalaciones industriales.

Otras ciencias están relacionadas directa o indirectamente con la cibernética y la tecnología; un ejemplo de ello sería la medicina con sus correspondientes ramas. De ello podemos declarar lo siguiente:

De la unión de la cibernética y de la fisiología, nace el proyecto “cyborg”, cuya constitución contendrá glándulas electrónicas y químicas, estimuladores bioeléctricos. Todo ello, en un sólo organismo cibernetizado.

Se puede decir que la cibernética puede ser considerada como una adquisición sumamente aprovechable para la evolución científica. Esto porque abarca desde el estudio del comportamiento de la célula nerviosa hasta el del individuo en su conjunto; buscando siempre un acercamiento artificial. La cibernética ofrece un campo de trabajo muy grande; particularmente, a la medicina.

## **3.2 Cibernética.**

La cibernética es el estudio del control y comunicaciones en los sistemas complejos, tales como: organismos vivos, máquinas y organizaciones, aprovechando todos sus aspectos y mecanismos comunes.

La "Cibernética" es una ciencia del tipo axiomático-deductivo, que estudia la comunicación y el control de los sistemas.

La Cibernética se presenta como un nuevo paradigma científico, y como tal capaz de abordar y brindar solución global a la compleja problemática actual.

### **3.2.1 Origen.**

La palabra cibernética proviene del griego Κυβερνήτης (kybernetes), que significa “arte de pilotear un navío”. Éste es un término genérico antiguo que aún es usado para muchas áreas que están incrementando su especialización.

El nacimiento de la cibernética se estableció en el año de 1942, y se denomina a Norbert Wiener como el padre de la cibernética.

### **3.2.2 Evolución.**

La palabra "cibernética" tiene su raíz de origen en la voz griega que significa "timonel": aquél que controla y dirige una nave.

En el siglo XIX, el sabio francés Andrés M. Ampère la utilizó para referirse al "arte de gobernar los pueblos". Luego, durante la década de 1940, Norbert Weiner, entonces investigador del Instituto Tecnológico de Massachusetts, definió a la Cibernética como "el estudio de la comunicación y el control en máquinas y animales".

Desde los tiempos de su origen -en la Grecia Clásica de hace 2500 años- hasta el siglo XIX, no existieron referencias populares conocidas que relacionaran el vocablo "cibernética" con el concepto divulgado por Ampère. El "arte de gobernar los pueblos" había sido reservado durante milenios.

Con las "Nuevas ideas", divulgadas en Europa en el siglo XVIII, la Naturaleza vuelve a ser el paradigma de todo ordenamiento. Montesquieu, Rousseau y Quesnay proponen armonizar "utilidad" y "justicia", emulando en las organizaciones sociales el "orden" y el "funcionamiento" de la Naturaleza.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

La Cibernética - como ciencia material - nació con los trabajos de Norbert Wiener, quien durante la década de 1940 desarrolló estudios en campos diversos como el social (Cibernética y Sociedad), y el bélico (control de tiro antiaéreo). Y en el área lógico-matemática Norbert Wiener contribuyó con John Von Neumann al desarrollo de la primera computadora moderna, concebida bajo las normas aun vigentes (hardware y software).

Hoy la Cibernética se presenta como un nuevo paradigma científico capaz de esclarecer los conceptos básicos de las ciencias materiales, y cuyo campo de estudio se extiende a todo aquello que pueda considerarse un sistema.

Podría estudiarse el Universo en su totalidad o en parte; desde los más grandes conjuntos de sistemas macro-cósmicos estelares y galácticos hasta las más pequeñas partículas subatómicas, y también estudiar la "nada" (que es el sistema que existe más allá del universo material).

Por ello, resulta por demás llamativo que la Cibernética no integre los programas de estudio de carrera alguna, dado las bondades y versatilidad de esta ciencia.

La Cibernética no debe verse ni como una ciencia, ni como una disciplina; sino como un movimiento de ideas, que trató de romper con la estrechez de los conocimientos propios de cada disciplina.

### **3.2.3 Conceptos básicos.**

Para entender en mejor medida la cibernética, es necesario conocer algunos conceptos básicos relacionados con esta disciplina; así:

Cibernética es la ciencia que estudia la comunicación y el control de los sistemas. Sistema es un conjunto de elementos de tipo real o ideal. Un sistema material está conformado por los elementos que integran el universo.

Un elemento físico es un elemento básico indivisible que agrupado con otros, según diversas combinaciones y formas de agregación, sería el constituyente común de todos los componentes del Universo que se reconocen por sus contenidos de materia, energía y espacio.

Al Universo, el mayor sistema material, se lo puede considerar integrado por un conjunto de partes diferenciadas menores. Luego, cada una de esas partes diferenciadas menores, podrían ser reconocidas a su vez, como conjuntos integrados por otras porciones diferenciadas menores aún, y así sucesivamente, hasta el límite de la desagregación del Universo en el conjunto de todos los entes físicos elementales indiferenciados existentes.



**“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

A partir de la supuesta existencia del conjunto de todos los entes físicos indiferenciados y desagregados en su forma más elemental, podría pensarse en los sucesivos niveles de agregación que permitirían proceder a la integración del Universo hasta la forma tal cual es:

	<b>Nombre</b>	<b>Características</b>
0	La Nada	No existen entes físicos
1	La Sopa cósmica	Existen todos los elementos componentes del Universo, como entes físicos elementales indiferenciados.
2	Sub-atómico	Existen partes del Universo en forma de partículas subatómicas (neutrones, protones, electrones y otras), formadas por combinaciones de componentes elementales del nivel anterior.
3	Atómico	Existen partes del Universo en forma de átomos, integrados por diversas combinaciones de componentes provenientes de niveles anteriores.
4	Molecular	Existen partes del Universo en forma de moléculas, formadas por diversas combinaciones de componentes de niveles anteriores.
5	Microfuncional (cristalino y celular)	Existen partes del Universo organizadas en forma de células vivientes y micro-cristales o aglomerados inertes, integrados por combinaciones de componentes de los niveles anteriores.
6	Macrofuncional (inerte y orgánico)	Existen partes del Universo organizadas como sistemas materiales funcionales de dos tipos: los vivientes y los inertes integrados por combinaciones de componentes de niveles anteriores.
Niveles superiores		Existen partes del Universo organizadas como sistemas materiales macrocósmicos integrados por combinaciones de componentes de niveles anteriores, y así sucesivamente hasta el límite de abarcar el Universo en su totalidad.

La comunicación es el flujo de entes físicos dentro del sistema. El control es el flujo de entes físicos entre el sistema en estudio y el exterior.

### **3.2.4 Objetivos de la cibernética.**

El objetivo fundamental de la cibernética es estudiar todos los procesos que experimentan o pudieran experimentar los sistemas materiales. Su campo de aplicación se extiende a todo aquello que pueda ser considerado un sistema material. Eso es el Universo, en su totalidad o en parte.

### **3.2.5 Métodos de la cibernética.**

La cibernética ha encontrado sus primeros elementos en el estudio de los reguladores, que se encuentran en la biología y en el campo técnico. En biología, el sistema nervioso ofrece dos formas de regulación análogas: neuro-endocrinas y osmo-receptores.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

El estudio de sistemas materiales que contienen cantidades muy elevadas de componentes diferenciados, todos ellos a cuantificar y representar, plantea la necesidad de contar con herramientas adecuadas para la conducción y ordenamiento de los correspondientes cálculos matemáticos.

Mediante la teoría de los grafos, es posible representar en forma gráfica, los sistemas y los procesos de comunicación entre sus componentes y el exterior. El cálculo matricial permite el tratamiento ordenado de las variables e incógnitas a considerar.

Una vez definidos el sistema y el proceso a estudiar, se representan mediante grafos:

1. Primero, los componentes que conforman el sistema en sí, por sus respectivos vértices y los valores de sus cuantificaciones correspondientes al estado inicial  $C(i)_0$ .
2. Luego, los flujos que ocurren durante el proceso en estudio representados por los arcos orientados con las cuantificaciones correspondientes  $V(e,i) - V(i,j)$  y  $V(i,s)$ .

Donde:

**$V(e,i)$ :** Es la cuantificación del "componente de flujo" que ingresó al componente  $C(i)$  del sistema, desde el vértice  $E$  de entrada.

**$V(i,j)$ :** Cuantificación del "componente de flujo" que pasó del componente  $C(i)$  del sistema, al componente  $C(j)$  del sistema.

**$V(i,s)$ :** Cuantificación del "componente de flujo" que egresó desde el componente  $C(i)$  del sistema, al vértice  $S$  de salida.

3. Finalmente, los componentes del sistema en su estado final mediante los respectivos vértices y las cuantificaciones correspondientes al estado final  $C(i)_f$ .

Por otro lado, la estructuración de la información en matrices facilita el tratamiento computarizado del estudio de sistemas complejos, en los cuales es necesario manejar gran cantidad de datos y resolver sistemas de ecuaciones con elevada cantidad de incógnitas. Así; podrá representarse las matrices  $[C]$ ;  $[V]$ ;  $[E]$  y  $[S]$ .

**Matriz  $[C]$ :** (de 1 fila x "n" columnas) Contiene los valores de "cuantificación" de cada uno de los "n" componentes  $C(i)$  que integran el sistema en sí.

**Matriz  $[V]$ :** (de "n" filas x "n" columnas). Contiene los valores de "cuantificación"  $V(i,j)$  de los "componentes de flujo" que fluye entre dos elementos  $C(i)$  y  $C(j)$ , sale del vértice  $(i)$  y llega al vértice  $(j)$ .

**Matriz  $[E]$ :** (de 1 fila x "n" columnas) Contiene los valores de "cuantificación"  $V(e,j)$  de los componentes de flujo que ingresan al sistema desde el exterior (vértice  $E$ ) y van al elemento  $C(j)$  del sistema.

**Matriz [S]:** (de "n" filas x 1 columna). Contiene los valores de "cuantificación"  $V(i,s)$  de los componentes de flujo que egresan del sistema desde el elemento  $C(i)$  y van al exterior (vértice  $S$ ).

### **3.2.6 Barreras que ha encontrado la cibernética.**

Algunos ejemplos muestran cuan delicado es encontrar una relación entre el funcionamiento de una máquina y el de un órgano. La dificultad aumenta en cuanto se dirige a las contexturas nerviosas superiores. A este nivel, no existe ninguna máquina similar, ya que la creación de máquinas nuevas para lograrlo, implicaría un perfecto conocimiento de las estructuras nerviosas.

### **3.2.7 Ciencias relacionadas.**

Muchas ciencias y/o disciplinas, se encuentran relacionadas con la cibernética; ejemplos de ellas son:

- 1 Robótica.
- 2 Medicina.
- 3 Inteligencia Artificial.
- 4 Etcétera.

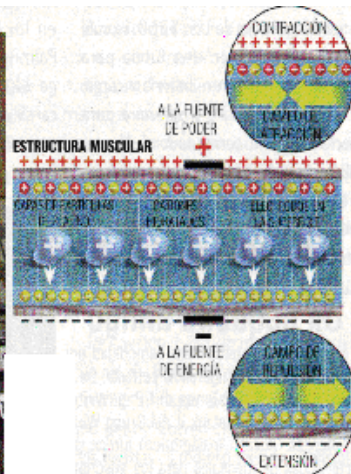
La robótica es la ciencia o rama de la ciencia que se ocupa del estudio, desarrollo y aplicaciones de los robots.

La medicina se beneficia de los descubrimientos y las aplicaciones de la electrónica. La aplicación de la biología a la electrónica, el estudio de los fenómenos fisiológicos que puedan inducir los dispositivos electrónicos, ha incitado a los electrónicos a examinar su propia disciplina bajo un ángulo nuevo: la biónica. Los estudios de biología comparada, hechos en el conjunto del mundo viviente, han maravillado siempre a los cibernéticos.

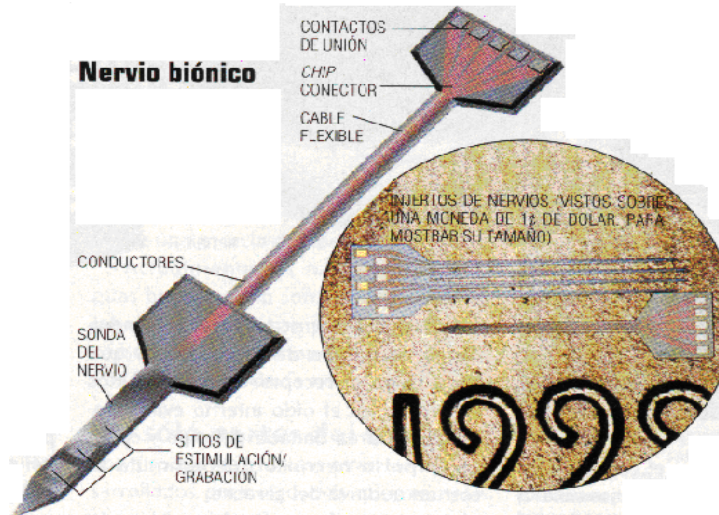
Algunos avances en materia biónica, se pueden observar en las siguientes figuras:

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

**Músculos biónicos**



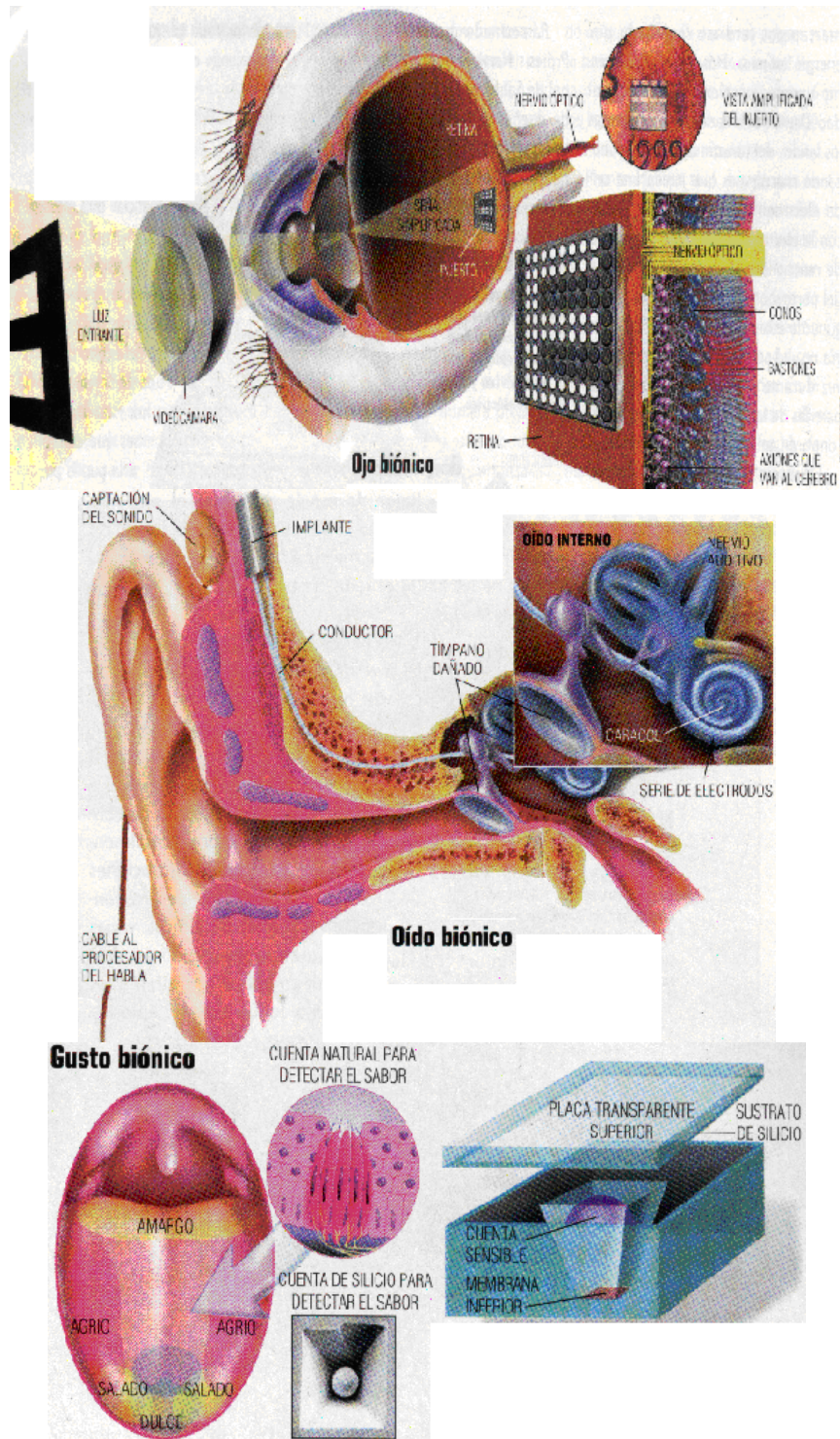
**Nervio biónico**



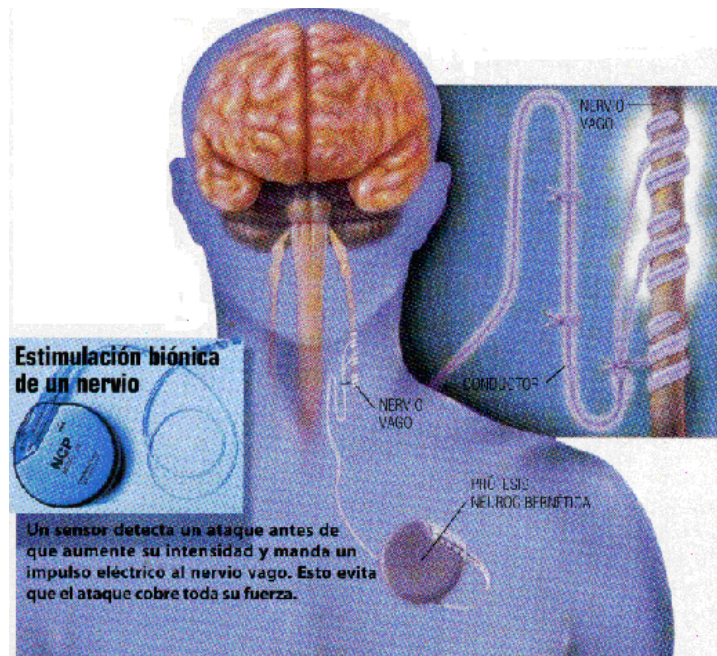
**Nariz biónica**



“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”



“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”



Todos estos avances en la biónica han ayudado a la medicina a realizar grandes avances en la cura de enfermedades y deficiencias físicas.

La Inteligencia artificial es la ciencia que tiene la tarea de imitar, en la mejor medida, la naturaleza. Esto incluye algunas características del ser humano, tales como: percepción, asociación, memoria, imaginación o creatividad, razón, conciencia, etcétera.

### **3.2.8 La cibernética como sistema axiomático deductivo.**

La Cibernética es una ciencia del tipo axiomático deductivo. Un sistema axiomático deductivo (SAD), es una estructura de conocimientos lógico-formal, integrada por axiomas y principios aceptados como verdaderos sin demostración, y demostraciones deducidas de acuerdo a reglas lógicas admitidas como válidas por los principios y axiomas del mismo SAD.

### **3.3 Tecnología.**

Los desarrollos tecnológicos logrados por la humanidad le permitieron abandonar por primera vez la superficie terrestre en la década de 1960, iniciando así la exploración del espacio exterior.

Se puede definir como tecnología al conjunto de habilidades que permiten construir objetos y máquinas para adaptar el medio y satisfacer nuestras necesidades.

La actividad tecnológica influye en el progreso social y económico, pero también ha producido el deterioro de nuestro entorno (biosfera). Las tecnologías pueden ser usadas para proteger el medio ambiente y para evitar que las crecientes necesidades provoquen un agotamiento o degradación de los recursos materiales y energéticos de nuestro planeta.

#### **3.3.1 Origen.**

Tecnología es una palabra de origen griego, τεχνολογος, formada por tekne (τεχνη, "arte, técnica u oficio") y logos (λογος, "conjunto de saberes"). Aunque hay muchas tecnologías muy diferentes entre sí, es frecuente usar el término en singular para referirse a una cualquiera de ellas o al conjunto de todas. Cuando se lo escribe con mayúscula, tecnología puede referirse tanto a la disciplina teórica que estudia los saberes comunes a todas las tecnologías, como a educación tecnológica, la disciplina escolar abocada a la familiarización con las tecnologías más importantes.

**“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

### **3.3.2 Historia de la tecnología.**

A grandes rasgos, la evolución de la tecnología podría verse con una cronología, como la que se marca a continuación:

Año	Evento o suceso
1705	Primera máquina de vapor efectiva (Thomas Newcomen).
1768	Nicholas Joseph Cugnot construye un vagón a vapor autopropulsado.
1769	James Watt mejora significativamente la máquina a vapor de Newcomen.
1774	Primera calculadora fabricada en serie (Philipp Matthäus Hahn).
1775	Primer submarino (David Bushnell).
1780	Invencción de la prensa de copia (James Watt).
1785	Se inventa el telar mecánico (Edmund Cartwright).
1793	Telégrafo (Claude Chappe).
1800	Primera batería (Alessandro Volta).
1804	Primera locomotora a vapor (Richard Trevithick).
1810	Prensa de impresión (Frederick Koenig).
1821	Motor eléctrico (Michael Faraday).
1825	Primera línea pública de ferrocarril en Inglaterra.
1827	Primera turbina de agua, y patente del primer propulsor para barcos (Josef Ressel).
1854	Invencción de la bombilla incandescente (Heinrich Göbel).
1859	Se desarrolla el motor a gas (Etienne Lenoir).
1861	Primer teléfono funcionando (Johann Philipp Reis).
1875	Invencción del refrigerador (Carl von Linde).
1876	Se patenta el uso del teléfono (Alexander Graham Bell) Motor de cuatro tiempos (Nicolaus August Otto).
1877	Invencción del fonógrafo (Thomas Alva Edison).
1879	Primera locomotora eléctrica (Werner von Siemens).
1881	Abastecimiento de energía con corriente alterna de alta frecuencia (George Westinghouse).



**“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

- 1883 Desarrollo de la turbina a vapor (Carl de Laval).
- 1886 Primer automóvil (Karl Benz).
- 1895 Descubrimiento de los rayos X (Wilhelm Conrad Röntgen) Invención del cinematógrafo (Auguste y Louis Jean Lumière).
- 1896 Descubrimiento de la radioactividad (Antoine Henri Becquerel).
- 1897 Invención del tubo de rayos catódicos (Karl Ferdinand Braun) Diesel construye el motor diesel.
- 1903 Primer vuelo impulsado exitoso (Orville y Wilbur Wright).
- 1913 Línea de ensamble para la producción automovilística (Henry Ford).
- 1930 Primera turbina a gas para aeroplanos.
- 1931 Primer microscopio electrónico (Ernst Ruska).
- 1938 Se divide el átomo del uranio (Otto Hahn y Fritz Strabmann).
- 1941 "Z3", la primera computadora funcionando (Konrad Zuse).
- 1948 Transistor (William B. Shockley, John Bardeen y Walter Brattain).
- 1954 Primera central nuclear en Obninsk, cercana a Moscú.
- 1955 Fibra óptica (Narinder Singh Kapany, London).
- 1957 Se lanza el primer satélite terrestre "Sputnik 1" (URSS).
- 1961 Primer humano en el espacio y primera orbitación terrestre (Yuri Gagarin, URSS).
- 1964 Circuitos integrados (Jack Kilby para Texas Instruments).
- 1969 Primer descenso del hombre en la luna ("Apollo 11", USA).
- 1970 Desarrollo del microprocesador (Intel) Primera calculadora de bolsillo.
- 1977 Apple II, la primera computadora compacta.
- 1979 Disco compacto (CD) para almacenamiento digital de audio (Sony y Philips).
- 1981 Primera computadora personal de IBM.
- 1992 Primer libro en CD-ROM (la Biblia).
- 1993 Advenimiento del “Ancho mundo de la Internet” (World Wide Web).

No obstante, la tecnología sigue avanzando.

### **3.3.3 Función de la tecnología.**

Históricamente las tecnologías han sido usadas para:

- ◆ Satisfacer necesidades esenciales (alimentación, vestimenta, vivienda, protección personal, relación social, comprensión del mundo natural y social).
- ◆ Obtener placeres corporales y estéticos (deportes, música, hedonismo en todas sus formas).
- ◆ Como medios para satisfacer deseos (simbolización de estatus, fabricación de armas y toda la gama de medios artificiales usados para persuadir y dominar a las personas).

### **3.3.4 Métodos de la tecnología.**

Las tecnologías usan, en general, métodos diferentes del científico, aunque la experimentación es también usada por las ciencias. Los métodos difieren según se trate de tecnologías de producción artesanal o industrial de artefactos, de prestación de servicios, de realización u organización de tareas de cualquier tipo.

Un método común a todas las tecnologías de fabricación es el uso de herramientas e instrumentos para la construcción de artefactos. Las tecnologías de prestación de servicios, como el sistema de suministro eléctrico hacen uso de instalaciones complejas a cargo de personal especializado.

Los principales medios para la fabricación de artefactos son la energía y la información. La energía permite dar a los materiales la forma, ubicación y composición que están descritas por la información.

Aunque con grandes variantes de detalle según el objeto, su principio de funcionamiento y los materiales usados en su construcción, las siguientes son etapas usuales en la invención de un artefacto novedoso:

- ◆ Identificación del problema práctico a resolver.
- ◆ Establecimiento de los requisitos que debe cumplir la solución.
- ◆ Principio de funcionamiento.
- ◆ Diseño del artefacto.
- ◆ Simulación o construcción de un prototipo.

### **3.3.5 Desarrollo tecnológico.**

Muchas tecnologías han sido inventadas de modo independiente en diferentes lugares y épocas.

Aunque los historiadores no terminan de ponerse de acuerdo con respecto del inicio de la tecnología, los sucesos más importantes a saber son:

- ◆ Armas y herramientas de piedra.
- ◆ Trilla del trigo en el Antiguo Egipto.
- ◆ Encendido de fuego
- ◆ Cestería.
- ◆ Alfarería.
- ◆ Cultivo del trigo.
- ◆ Metalurgia del cobre.
- ◆ Domesticación de cabras y ovejas.
- ◆ Tejidos de fibras animales y vegetales.
- ◆ Escritura.
- ◆ Domesticación del caballo.
- ◆ Fabricación del vidrio.
- ◆ Carro con ruedas.
- ◆ Metalurgia del bronce.
- ◆ Ábaco.
- ◆ Metalurgia del hierro.
- ◆ Brújula.
- ◆ Imprenta de Gutenberg.
- ◆ Regla de cálculo.
- ◆ Telar automático.
- ◆ Máquina de vapor.
- ◆ Vacuna contra la viruela.
- ◆ Celuloide.
- ◆ Dínamo.
- ◆ Motor de combustión interna.
- ◆ Transistor.

### **3.3.6 Avances tecnológicos.**

Los avances tecnológicos se han dado en prácticamente en todos los campos de la sociedad. Entre ellos, podemos mencionar los siguientes:

- ◆ Medios de comunicación.
- ◆ Telecomunicaciones.
- ◆ Redes de transmisión.
- ◆ Fuentes de información.
- ◆ Terminales telefónicas.
- ◆ Internet.
- ◆ Telefonía celular.
- ◆ Fibra óptica.

### **3.3.7 Ciencias relacionadas.**

Básicamente, la tecnología abarca todos los campos de la sociedad actual; entre aquellos en los que se hace más notoria la evolución de la tecnología son:

- ◆ Economía.
- ◆ Publicidad.
- ◆ Ética.
- ◆ Electrónica.
- ◆ Robótica.
- ◆ Computación.

### **3.3.8 Impacto de la tecnología en la sociedad actual.**

La elección, desarrollo y uso de tecnologías puede tener impactos muy variados en todos los órdenes del quehacer humano y sobre la naturaleza.

Un cuestionario aplicable para conocer el impacto de la tecnología y el tipo de éste, se podría marcar como sigue:

- ◆ Impacto práctico: ¿Para qué sirve? ¿Qué permite hacer que sin ella sería imposible? ¿Qué facilita?.
- ◆ Impacto simbólico: ¿Qué simboliza o representa? ¿Qué connota?.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

- ◆ Impacto tecnológico: ¿Qué objetos o saberes técnicos preexistentes lo hacen posible? ¿Qué reemplaza o deja obsoleto? ¿Qué disminuye o hace menos probable?.
- ◆ ¿Qué recupera o revaloriza? ¿Qué obstáculos al desarrollo de otras tecnologías elimina?.
- ◆ Impacto ambiental: ¿El uso de qué recursos aumenta, disminuye o reemplaza? ¿Qué residuos o emanaciones produce? ¿Qué efectos tiene sobre la vida animal y vegetal?.
- ◆ Impacto ético: ¿Qué necesidad humana básica permite satisfacer mejor? ¿Qué deseos genera o potencia? ¿Qué daños reversibles o irreversibles causa? ¿Qué alternativas más beneficiosas existen?.
- ◆ Impacto epistemológico: ¿Qué conocimientos previos cuestiona? ¿Qué nuevos campos de conocimiento abre o potencia?.

Después de un tiempo, las características novedosas de los productos tecnológicos son copiadas por otras marcas y dejan de ser un buen argumento de venta. Toman entonces gran importancia las creencias del consumidor sobre otras características independientes de su función principal, como las estéticas y simbólicas.

Más allá de la indispensable adecuación entre forma y función técnica, se busca la belleza a través de las formas, colores y texturas.

Cuando la función principal de los objetos tecnológicos es la simbólica, no satisfacen las necesidades básicas de las personas y se convierten en medios para establecer estatus social y relaciones de poder.

Cada cultura distribuye de modo diferente la realización de las funciones y el usufructo de sus beneficios. Como la introducción de nuevas tecnologías modifica y reemplaza funciones humanas, cuando los cambios son suficientemente generalizados puede modificar también las relaciones humanas, generando un nuevo orden social. Las tecnologías no son independientes de la cultura, integran con ella un sistema socio-técnico inseparable. Las tecnologías disponibles en una cultura condicionan su forma de organización, así como la cosmovisión de una cultura condiciona las tecnologías que está dispuesta a usar.

La principal finalidad de las tecnologías es transformar el entorno humano (natural y social), para adaptarlo mejor a las necesidades y deseos humanos. En ese proceso se usan los recursos naturales y personas que proveen la información, mano de obra y mercado para las actividades tecnológicas.

El principal ejemplo de transformación del medio ambiente natural son las ciudades, construcciones completamente artificiales por donde circulan productos naturales como aire y agua, que son contaminados durante su uso. La razón es que las ciudades proveen mayor cantidad de servicios esenciales, puestos de trabajo, comercios, seguridad personal, diversiones y acceso a los servicios de salud y educación.

Además del creciente reemplazo de los ambientes naturales (cuya preservación en casos particularmente deseables ha obligado a la creación de parques y reservas naturales), la extracción de ellos de materiales o su contaminación por el uso humano, está generando problemas de difícil reversión. Cuando esta extracción o contaminación excede la capacidad natural de reposición o regeneración, las consecuencias pueden ser muy graves. son ejemplos: deforestación; contaminación de los suelos, las aguas y la atmósfera; calentamiento global; reducción de la capa de ozono; lluvias ácidas; extinción de especies animales y vegetales; desertificación por el uso de malas prácticas agrícolas y ganaderas.

Se pueden mitigar los efectos que las tecnologías producen sobre el medio ambiente estudiando los impactos ambientales que tendrá una obra antes de su ejecución, sea ésta la construcción de un caminito en la ladera de una montaña o la instalación de una gran fábrica de papel a la vera de un río.

### **3.3.9 Tecnologías apropiadas.**

Se considera que una tecnología es apropiada cuando tiene efectos beneficiosos sobre las personas y el medio ambiente. La inversión de los gobiernos en tecnologías apropiadas debe priorizar de modo absoluto la satisfacción de las necesidades humanas básicas de alimentación, vestimenta, vivienda, salud, educación, seguridad personal, participación social, trabajo y transporte.

### **3.3.10 Nuevas tecnologías.**

Las nuevas tecnologías hacen referencia a los últimos desarrollos tecnológicos y sus aplicaciones. Se centran en el proceso de comunicación y se agrupan, básicamente, en tres áreas: informática, vídeo y telecomunicaciones, ello con interrelaciones y desarrollos a más de un área. Hacen referencia, también al desarrollo tecnológico en el diseño de programas, procesos y aplicaciones.

**“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”**

### **3.3.11 Profesiones tecnológicas.**

Los oficios técnicos y profesiones tecnológicas se enmarcan en el cuadro siguiente:

Acuicultor	Ingeniero Aeroespacial	Kinesiólogo	Operario.	Farmacéutico
Agricultor	Aeronáutico de Automoción	(Fisioterapeuta)	Chófer.	Espectroscopista
Agrimensor	Biomédica	Leñador	Maquinista.	Fisicoquímico
Agrónomo	Civil	Masajista	Piloto Aviador	Fisioterapeuta
Albañil	Eléctrica	Médico	de radio	Físico Aplicado
Apicultor	Electrónico	Cardiólogo	Telefonista	Fotógrafo
Arquitecto	Forestal	Cirujano	Timonel	Ganadero
Bioquímico	Genética	Endocrinólogo	Panadero	Gasista (Técnico
Biotecnólogo	Hidráulica	Dermatólogo	Pescador	Gasista)
Consultora	Industrial	Fisiólogo	Químico	Herrero
Carnicero	Informática	Ginecólogo	Técnico	Impresor
Carpintero	de Minas	Clínico	Electricista	Industrial
Cloaquista	Mec. en Máquinas Térmicas	Obstetra	Electrónico	Informático
(Instalador Sanitario)	Metalúrgico	Oncólogo	Gasista	Oculista
Cocinero	Naval	Ortopedista	en Instalaciones	Odontólogo
Diseñador Gráfico.	Nuclear	Patólogo	Sanitarias	Cirujano dentista
Diseñador Industrial.	Ingeniero del Petróleo.	Pediatra	Mecánico	Ortodoncista
Dactiloscopista.	Portuario.	Proctólogo	Químico	Oftalmólogo
Electricista o Técnico	Sanitario.	Traumatólogo	Tipógrafo	Telecomunicaciones
Electricista.	Ingeniero de Software	Mecánico de motores	Tornero	Textil
Enfermero		Mecánico Dental	Veterinario	Ingeniero Químico
		Minero	Vidriero	
		Obrero		

### **3.4 Relación cibernética/tecnología.**

Con el progreso de la tecnología para unir nervios humanos a los circuitos electrónicos y de producir elementos bio-mecánicos, con componentes electrónicos y los avances en el área de la Inteligencia Artificial, no pasara mucho tiempo antes que el hombre pase del umbral de crear un Organismo Bio-Electro-Mecánico, con capacidades de razonamiento y resolución de problemas.

La cibernética ha desempeñado un papel decisivo en el surgimiento de la actual revolución tecnológica.

## Capítulo IV: Análisis de redes neuronales.

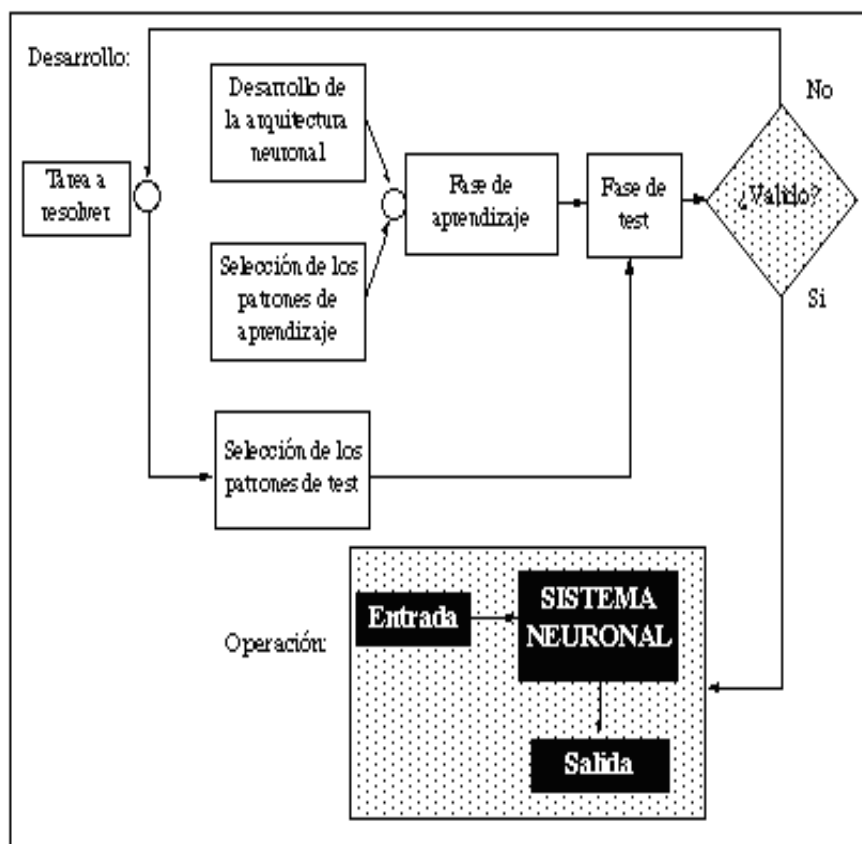
### 4.1 Introducción.

Las redes neuronales tienen grandes aplicaciones en la actualidad; han sido de gran ayuda, sobre todo en el campo de la medicina.

Al lograr obtener parte del control del organismo vivo e imitar sus funciones, las redes neuronales han probado que van en crecimiento y son muy útiles.

Sin embargo, sus aplicaciones van más allá de la medicina y es aplicable a un gran número de actividades para realizar cálculos, operaciones, etcétera.

El modo de trabajo con redes neuronales se muestra a continuación:





## 4.2 Entropía.

La entropía es un concepto muy inmerso de las redes neuronales. Su significado es equivalente a "desorden", y su formulación matemática se corresponde con la siguiente expresión:

$$Es (f-o) = \sum \frac{\Delta Vs}{Vs} = \int \frac{dVs}{Vs} = \text{Ln} \frac{Vs (f)}{Vs (o)}$$

Siendo:

Es (f-o): Variación de entropía entre los estados final (f) e inicial (o).

D Vs ó dVs: Incremento ó diferencial de la cantidad de componentes que integran el sistema.

Vs: Cantidad de componentes del sistema en un instante dado.

Vs(f) y Vs (o): Cantidad de componentes existentes en el sistema en los instantes final (f) e inicial (o) del proceso considerado.

### 4.2.1 Estado de un sistema.

El estado de un sistema se define por la valoración de dos parámetros: Su cuantificación y su caracterización. La cuantificación de un sistema estará dada por la medida de la cantidad total de entes físicos que lo integran.

También puede expresarse por las medidas de las respectivas cantidades de espacio, energía y masa que componen el sistema. La caracterización de un sistema estará dada por la medida del orden que posee, lo cual resulta de la medida de su entropía.

### 4.2.2 Medida de la entropía.

La medida de la entropía: Permite valorizar la medida del orden que posee un sistema en determinada instancia, respecto al que poseía o pudo haber poseído en otra. Así, podría determinarse la diferencia de entropía para:

- ◆ La formación o constitución de un sistema.
- ◆ Cualquier proceso que ocurre en un sistema ya constituido.

El orden que adquirió un sistema en su constitución puede medirse por la diferencia entre la medida de la entropía del sistema constituido, y la que supuestamente poseía cuando todos los entes físicos elementales que lo componen, existían desagregados e indiferenciados en el nivel de referencia correspondiente al 1er. nivel de agregación (la sopa cósmica).

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

En el 1er. nivel de agregación (la sopa cósmica), la entropía para cualquier conjunto de una cantidad finita  $N$  de entes físicos desagregados e indiferenciados, resulta igual a 0:

$$Es(o) = N \cdot \ln \frac{Vs(o)}{1} = N \cdot \ln 1 = N \cdot 0 = 0 \text{ (cero)}$$

La variación del orden en un sistema ya constituido se determina por la diferencia entre la medida de la entropía del sistema para los instantes inicial (o) y final (f) de un proceso en estudio.

Para ello, se debe computar la entropía de todos los componentes existentes dentro del sistema, tanto la de los componentes que constituyen el sistema en sí, como la entropía de los componentes de flujo que circulan por el mismo.

### **4.3 Aplicaciones reales de las redes neuronales.**

Las Redes Neuronales Artificiales han sido aplicadas a un número en aumento de problemas en la vida real y de considerable complejidad, donde su mayor ventaja es en la solución de problemas que son bastante complejos para la tecnología actual, tratándose de problemas que no tienen una solución algorítmica cuya solución algorítmica es demasiado compleja para ser encontrada.

En general, debido a que son parecidas a las del cerebro humano, las Redes Neuronales Artificiales son bien nombradas ya que son buenas para resolver problemas que el humano puede resolver pero las computadoras no. Estos problemas incluyen el reconocimiento de patrones y la predicción del tiempo.

De cualquier forma, el humano tiene capacidad para el reconocimiento de patrones, pero la capacidad de las redes neuronales no se ve afectada por la fatiga, condiciones de trabajo, estado emocional, y compensaciones. Se conocen cinco aplicaciones tecnológicas aplicadas:

- ◆ Reconocimiento de textos manuscritos.
- ◆ Reconocimiento del habla.
- ◆ Simulación de centrales de producción de energía.
- ◆ Detección de explosivos.
- ◆ Identificación de blancos de radares.

#### **4.3.1 Redes neuronales para un clasificador no sesgado de proteínas.**

Un clasificador no sesgado de proteínas es un programa que combina diversas técnicas computacionales con el objetivo de clasificar familias de proteínas. Un posible método consiste en utilizar métricas adaptativas como mapas autoorganizados y algoritmos genéticos.

El problema de clasificación no sesgada basada en la expresión de las proteínas en Aminoácidos puede reducirse, conceptualmente, a lo siguiente:

- ◆ La identificación de grupos de proteínas que compartan características comunes.
- ◆ La determinación de las razones estructurales por las cuales las proteínas en cuestión se agrupan de la manera indicada.
- ◆ Evitar la idea de establecer criterios de clasificación (“sesgados”) fundamentados en ideas preconcebidas para lograr su clasificación. En este sentido, hay dos asuntos que considerar: cómo lograr la caracterización de las proteínas de manera no sesgada. Y cómo lograr lo anterior sin apelar a medidas de agrupamiento que, a su vez, impliquen algún tipo de sesgo sobre dicho agrupamiento.

### **4.3.2 Aplicaciones en la industrial del petróleo.**

Las Redes Neuronales se han utilizado para predecir o medir virtualmente las características de la formación tales como porosidad, permeabilidad y saturación de fluido a partir de registros convencionales de pozos.

Las Redes Neuronales tienen el potencial de ser utilizadas como un instrumento de análisis para la generación de imágenes de resonancia magnética sintéticas a partir de los registros de pozos convencionales.

Hay muchas más aplicaciones de las Redes Neuronales en la industria de petróleo y gas, tales como:

- ◆ Aplicaciones al desarrollo de campos.
- ◆ Flujo bifásico en tuberías.
- ◆ Identificación de modelos en la interpretación de pruebas de pozos.
- ◆ Análisis de terminaciones.
- ◆ Predicción del daño de formación.
- ◆ Predicción de la permeabilidad.
- ◆ En yacimientos fracturados.

### **4.3.3 Redes neuronales artificiales para la detección de SPAM.**

Desde su llegada hasta la actualidad, el Internet en todo el mundo está cambiando nuestra forma de aprendizaje, comunicación, juego y ocio. Estos cambios son experimentados en el día a día. Al mismo tiempo, crece paralelamente la amenaza de ataques, virus y publicidad basura; lo que se conoce como spam.

Todos los días, millones de e-mails invaden las bandejas de entrada de los usuarios de Internet. De todos éstos, una cantidad muy importante es considerada "correo basura".

Compuesto por mensajes publicitarios no solicitados, cadenas de la suerte, hoaxes o incluso virus que se auto envían, el spam aqueja a más de un usuario, y hace que la tarea de revisar correo sea una verdadera molestia.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

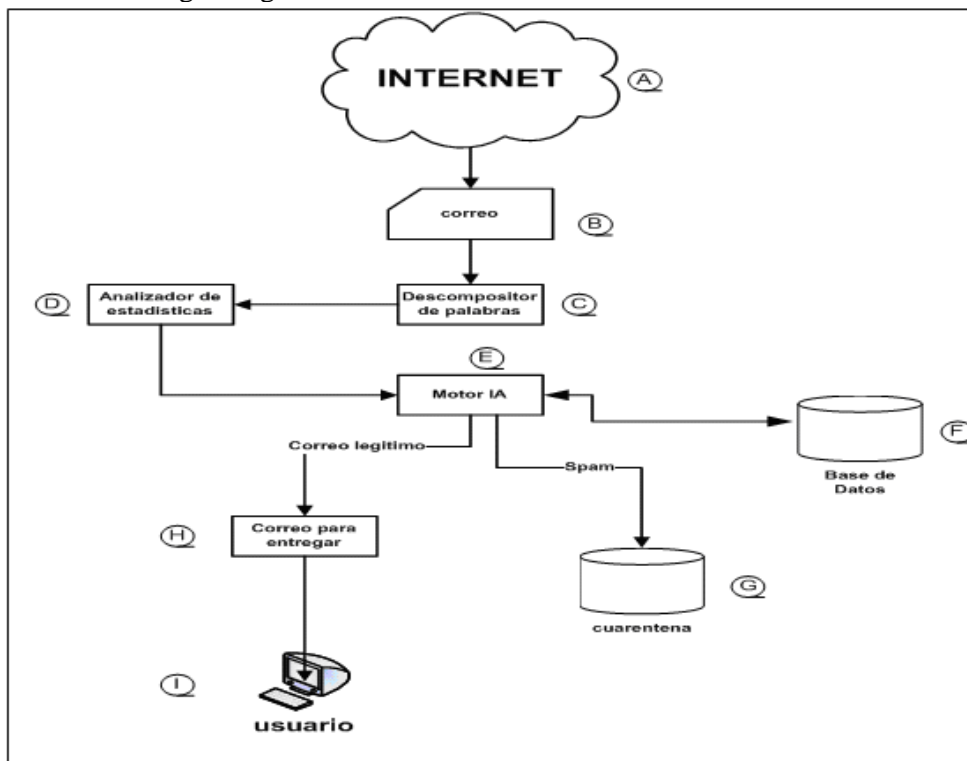
A pesar de que ningún método de detección de Spam es totalmente efectivo, se considera que si es posible mejorar los existentes y reducir considerablemente las deficiencias que actualmente presentan las herramientas disponibles.

Aquí entran las redes neuronales artificiales, que permiten categorizar los correos e impedir que lleguen a la bandeja de entrada, esto a través del seguimiento de métodos heurísticos.

La siguiente figura muestra un spam basado en imágenes:



Por otro lado, la estructura necesaria para que las redes neuronales realicen este trabajo, se muestra en la figura siguiente:



#### **4.3.4 Redes neuronales en el mundo financiero.**

Neural Stock es un programa desarrollado por Infosel Financiero, en México. Combina las Redes Neuronales Artificiales, junto con tecnologías como Algoritmos Genéticos y Lógica Difusa, para obtener una capacidad de análisis acertada, recomendando operaciones de compra y venta en el mundo financiero y bursátil.

Algunas de las características de este sistema novedoso se muestran a continuación:

- ✦ Página principal: [Neural Stock](#)
- ✦ Fabricante: [Neural Stock, S.A. de C.V.](#)
- ✦ País: México
- ✦ Programa analizado: GA Neural Stock 99 V.3.0 ([Ns99v300.zip](#))
- ✦ Datos utilizados: [nsdatos.zip](#)
- ✦ Características: Sistema de análisis bursatil/financiero
- ✦ Requerimientos del sistema:
  - ✦ Windows 95 o NT
  - ✦ Procesador 486 o superior
  - ✦ 16 Mb. en memoria RAM
  - ✦ 25 Mb. libres en disco duro

Este programa permite analizar el desarrollo del mercado financiero, día tras día, con lo que se logra entrenar a la red, y en base a todo su historial de datos, puede predecir el siguiente movimiento a efectuar, actuando como un asesor en la compra y venta.

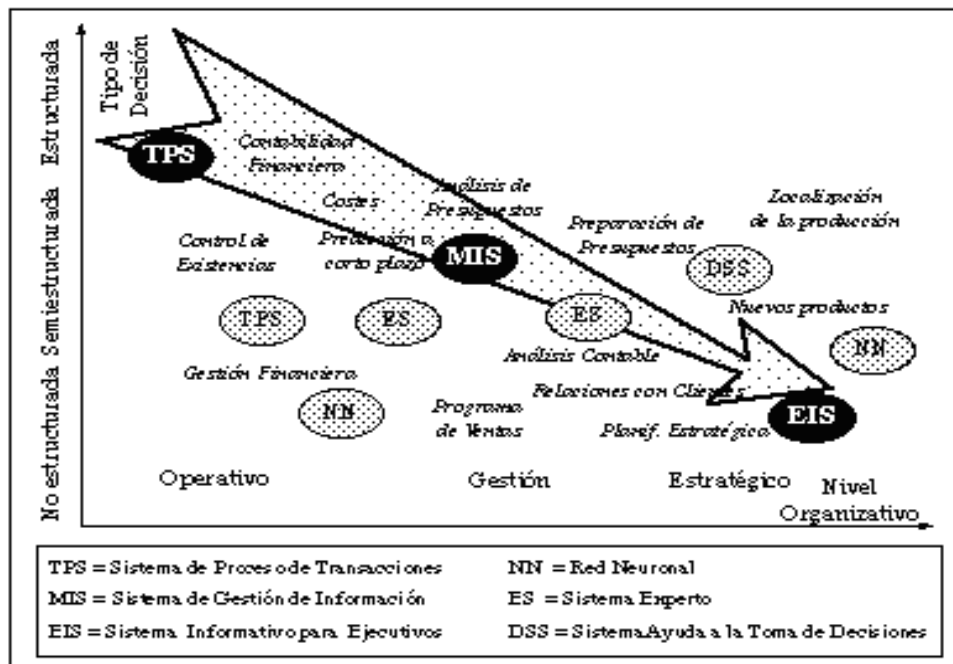
Se convierte en una herramienta muy poderosa al aprovechar las ventajas de Internet al tener los datos de la bolsa en tiempo real o al final de cada día. Es robusto y tiene una interfaz amigable, por lo que no se requiere saber nada acerca de las redes, solamente introducir datos e interpretar las sugerencias que el programa da.

Se aprovecha una de las características de las RNA, su adaptabilidad, ya que permite modificar la sensibilidad del análisis, lo cual se utiliza cuando no se requiere analizar datos en periodos muy cortos, pero se puede incluir mayor cantidad de datos. Esto es, la red se "adapta" a los datos introducidos.

En el mercado de los inversionistas, es necesario tener herramientas como ésta, ya que aunque da muy buenas sugerencias, no se "emociona" sino que permanece objetivo y frío, a diferencia de lo que pudiera suceder con una persona, al seguir alguna corazonada.

Un seguimiento típico de esta tendencia, se muestra a continuación:

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”



### 4.3.5 Pandora.

La línea de programas Pandora de Prosoniq, esta diseñada para extraer, de una señal de audio completa, los componentes musicales mas básicos. Esto se logra utilizando Procesamiento Digital de Señales y Redes Neuronales.

Sus características más destacables se muestran a continuación:



- \* Página principal: [Prosoniq Pandora](#)
- \* Fabricante: [Prosoniq](#)
- \* País: Alemania
- \* Programa analizado: PANDORA Music Decomposition Series (Realtime)
- \* Características: descomposición de audio
- \* Requerimientos del sistema:
  - \* Apple PowerMacintosh o compatible
  - \* Procesador 300Mhz PPC604e o G3 a 266Mhz
  - \* 16 Mb. de memoria RAM
  - \* sonicWORX Studio 1.52 o superior
  - \* Sistema 7.5.5 o superior

Un uso muy particular de este sistema es en ayuda a los cantantes, al atenuar su voz.

### 4.3.6 Attrasoft.

Attrasoft se dedica a hacer software para análisis financiero y reconocimiento de imágenes a través de redes neuronales. Sus productos están basados en modelos neuronales de Hopfield y la máquina de Boltzmann, están diseñados para trabajar en un ambiente entre 1,000 y 100,000 neuronas externas (de entrada y salida). Sus características más sobresalientes se muestran enseguida:

- ✦ Fabricante: [Attrasoft](#)
- ✦ Software: [Image finder](#), [Decision Maker](#), [Predictor](#), [ABM](#)
- ✦ Programa base: [ABM Boltzman Machine](#)
- ✦ País: E.U.

Los programas de Attrasoft se utilizan para:

- ◆ Clasificar imágenes.
- ◆ Buscar imágenes en Internet.
- ◆ Obtener predicciones sobre una serie de datos.
- ◆ Reconocimiento de patrones.
- ◆ Etcétera.

Todas las aplicaciones se basan en un núcleo formado por el software de RNA basado en Hopfield, es completamente configurable. Se puede modificar la cantidad de neuronas empleadas, y su entrenamiento, por lo que se puede adaptar a cualquier tipo de problema.

Un ejemplo de aplicación es en el bosquejo de una persona sospechosa de un crimen; la policía busca para arrestarla.

### 4.3.7 Génesis.

GENESIS 2.0 (General Neural Simulation System) es una plataforma de simulación para modelos de sistemas neuronales complejos.

La mayoría de las aplicaciones actuales incluyen simulaciones de sistemas reales o biológicos. Utiliza la interfaz de usuario XODUS, soporta multiprocesadores simétricos y hay una versión para estaciones de trabajo en paralelo. Trabaja sobre plataforma Unix.

### 4.3.8 Aspirin/Migraines.

Consiste en un generador de código que construye simulaciones de RNA leyendo la descripción de la red (escrita en lenguaje "Aspirin") y genera una simulación en C. Una interfaz, llamada "Migraines", se utiliza para exportar los datos de la RNA a las herramientas de visualización.

## “PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA TECNOLOGÍA ACTUAL”

El sistema se ha exportado a diferentes plataformas. El objetivo de Aspirin es proveer un lenguaje común para trabajar con diferentes paradigmas de redes.

Los usuarios pueden mostrar los datos utilizando herramientas de análisis gráfico comercial o de dominio público.

Incluye filtros de ejemplo que convierten los datos exportados a formatos leíbles por Gnuplot 3.0, Matlab, Mathematica y xgobi.

### **4.3.9 Biosim.**

Biosim es un simulador de RNA orientado a redes biológicas. Se encuentra en idiomas alemán e inglés, incluye una interfaz gráfica, está diseñado para la investigación y enseñanza, ofrece facilidades de ayuda en línea.

Las dentritas consisten en una cadena de segmentos sin bifurcación. Una red neuronal puede ser creada utilizando el editor interactivo de redes, parte del programa.

Se pueden modificar los parámetros a través de menús y los resultados se observan gráficamente para las neuronas y sinapsis. Se incluyen procesos estocásticos como el ruido. Funciona bajo plataforma Unix, PC.

### **4.3.10 The Brain.**

Es un simulador avanzado de RNA para PCs de fácil uso. Está basado en el algoritmo de aprendizaje backpropagation. Se incluyen tres redes de ejemplo, con la documentación necesaria para comprender los conceptos y capacidades de "Brain".

Trabaja en MS-DOS en una 386 con co-procesador matemático o superior.

### **4.3.11 Identificación de oscilaciones de potencia.**

Los relevadores de distancia tienen tendencia a operar incorrectamente durante oscilaciones de potencia, originadas por disturbios en la red eléctrica.

Actualmente existen diversos métodos para bloquear la operación de los relevadores en estas condiciones.

Para la identificación de oscilaciones de potencia en sistemas eléctricos de potencia, se utiliza una aplicación con el análisis de componente principal (ACP) En forma conjunta con las redes neuronales artificiales.



## Conclusiones

A manera de conclusión, se puede decir que con el progreso de la tecnología para unir nervios humanos a los circuitos electrónicos y de producir elementos biomecánicos con componentes electrónicos; así como los avances en el área de la Inteligencia Artificial, no pasará mucho tiempo antes de que el hombre pase del umbral, a crear organismos bio–electro–mecánicos, con capacidades de razonamiento y de resolución de problemas.

En este sentido, cabe retomar algunos conceptos necesarios:

- ◆ La cibernética es la ciencia que se ocupa de los sistemas de control y de comunicación en las personas y en las máquinas.
- ◆ La biónica es la ciencia que estudia los principios de la organización de los seres vivos para su aplicación a las necesidades técnicas. De esta se deriva la construcción de modelos de materia viva, particularmente de las moléculas proteicas y de los ácidos nucleicos.
- ◆ La Robótica es la técnica que aplica la informática al diseño empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.

Nacido de la unión de la cibernética con la fisiología, se llamara "cyborg". Su constitución contendrá glándulas electrónicas y químicas, estimulados bioeléctricos, el todo incluido en un organismo cibernizado.

La Cibernética puede ser considerada como una adquisición sumamente aprovechable para la evolución científica. Desde el estudio del comportamiento de la célula nerviosa, la neurona, hasta el del individuo en su conjunto, ofrece un inmenso campo de investigaciones, particularmente a la medicina.

Hoy notamos que ocurren transformaciones radicales en las sociedades humanas y se generan desequilibrios ecológicos, sociales y económicos cada vez más graves y profundos.

También nos sorprendemos ante la evidencia que las soluciones aportadas por la "ciencia" se revelan ineficaces para resolver los problemas que aparecen.

Tenemos la sensación que las nuevas situaciones de conflicto escapan al campo de aplicación de la ciencia; y sucede que ante una acción humana tendiente a resolver un desequilibrio puntual, la Naturaleza reacciona con otro desequilibrio imprevisto y más grave que aquel que se quiso remediar.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

En este punto, es necesario hacer la aclaración de que si un problema se puede resolver utilizando los métodos convencionales, no se deberían utilizar las redes neuronales o cualquier otra técnica de inteligencia artificial para resolverlos.

Las redes neuronales artificiales se deben utilizar en los casos en que el modelado matemático no es una opción práctica.

Esto es cuando los parámetros que intervienen en un proceso particular no se conocen y/o la interrelación de los parámetros es demasiado complicada para el modelado matemático del sistema. En tales casos, una Red Neuronal puede ser construida para observar el comportamiento del sistema y tratar de imitar su funcionalidad y comportamiento.

## Bibliografía

Al-Kaabi, A., Lee, W. J., "Using Artificial Neural Nets to Identify the Well Test Interpretation Model," SPE Formation Evaluation, Sept. 1993.

Doraisamy, H., Ertekin, T., Grader, A. "Key Parameters Controlling the Performance of Neuro Simulation Applications in Field Development," SPE 51079, Proceedings, SPE Eastern Regional Conference Nov. 9-11, 1998, Pittsburgh, PA

Juniardi, I. J., Ershaghi, I., "Complexities of Using Neural Networks In Well Test Analysis of Faulted Reservoir," SPE 26106, Proceedings, SPE Western Regional Meeting, 26-28 March 1993, Anchorage, Alaska.

Mohaghegh, S., Richardson, M., and Ameri, M. "Virtual Magnetic Resonance Imaging Logs: Generation of Synthetic MRI Logs From Conventional Well Logs," SPE 51075, Proceedings, SPE Eastern Regional Conference Nov. 9-11, 1998, Pittsburgh, PA.

Mohaghegh, S. " Virtual Intelligence and its Applications in Petroleum Engineering. Part 1. Artificial Neural Networks", JPT - Journal of Petroleum Technology, September 2000.

Nikravesh, M., Kovsky, A. R., Jonston, R. M., and Patsek, T. W. "Prediction of Formation Damage During the Fluid Injection into Fractured Low Permeability Reservoirs via Neural networks," SPE 31103, Proceedings, SPE Formation Damage Symposium, Feb. 16-18, 1996, Lafayette, LA.

Ouense, A., Zellou, A., Basinski, P. M., and Head, C. F. "Use of Neural Networks in Tight Gas Fractured Reservoirs: Application to San Juan Basin," SPE 39965, Proceedings, Rocky Mountain Regional Meeting / Low Permeability Reservoir Symposium, April 5-8, 1998, Denver, CO.

Shelley, R., Massengill, D., Scheuerman, P., McRill, P., Hamilton, R. "Granite Wash Completion Optimization with the Aid of Artificial Neural Networks," SPE 39814, Proceedings, Gas Technology Symposium, March 15-18, 1998, Calgary, Alberta.

Shelley, R., Stephenson, S., Haley, W., Craig, E. "Red Fork Completion Analysis with the Aid of Artificial Neural Networks," SPE 39963, Proceedings, Rocky Mountain Regional Meeting / Low Permeability Reservoir Symposium, April 5-8, 1998, Denver, CO.

Sung, W., Hanyang, U., Yoo, I. "Development of HT-BP Neural Network System for the Identification of Well Test Interpretation Model," SPE 30974, Proceedings, SPE Eastern Regional Conference and Exhibition, September 19-21, 1995, Morgantown, West Virginia.

“PRINCIPIOS Y ANALISIS DE REDES NEURONALES Y SU IMPACTO EN LA  
TECNOLOGÍA ACTUAL”

Wong, P. M., Henderson, D. J., Brooks, L. J. "Permeability Determination using Neural Networks in the Ravva Field, Offshore India," SPE reservoir Evaluation and Engineering 1 (2), 1998.

Wong, P. M., Taggart, I. J., Jian, F. X. "A Critical Comparison of Neural networks and Discriminant Analysis in Lithofacies, Porosity and Permeability Predictions," Journal of Petroleum Geology, 18 (2), 1995.

Ternyik, J., Bilgesu, I., Mohagheh, S., and Rose, D., "Virtual Measurement in Pipes, Part 1: Flowing Bottomhole Pressure Under Multi-phase Flow and Inclined Wellbore Conditions," SPE 30975, Proceedings, SPE Eastern Regional Conference and Exhibition, September 19-21, 1995, Morgantown, West Virginia.

Zellou, A., Ouense, A., and Banik, A. "Improved Naturally Fractured Reservoir Characterization Using Neural networks, Geomechanics and 3-D Seismic," SPE 30722, Proceedings, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, October 22-25, 1995, Dallas, TX.

## Objetivos

- ◆ Marcar un panorama general de la tecnología
- ◆ Mostrar una secuencia de los hechos más sobresalientes de la tecnología, la cibernética, la inteligencia artificial y las redes neuronales.
- ◆ Listar las características y aplicaciones reales y futuras de las redes neuronales artificiales

## **Justificación**

Las redes neuronales artificiales han sido, desde su creación, una herramienta muy útil para el hombre para tratar de entender y simular a la naturaleza.

Sin embargo, muy poca gente conoce de ellas y una de las razones es que la mayor parte de la información se encuentra en idiomas extranjeros como el inglés o el alemán.

Por ello, se hace necesario un texto en español que enmarque las bondades y deficiencias de esta tecnología que puede ser muy útil en prácticamente todos los campos de la vida actual, como un apoyo en labores difíciles.

