



16

872748

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**

INCORPORACIÓN No. 8727-48

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Escuela de Informática**

291

**Propuesta de prototipo no operacional  
de Sistema Experto para el Diagnóstico  
Médico enfocado a la Pediatría**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN INFORMÁTICA**

PRESENTA:

**Diana Isabel Pimentel Espinosa**



Uruapan, Michoacán, 2001



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.

## INDICE GENERAL

<b>Dedicatorias y Agradecimientos</b>	<b>4</b>
<b>Introducción</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo I</b>	<b>7</b>
1.1 Definición	8
1.2 Beneficios de la informática	8
1.3 La informática y el desarrollo de las computadoras	10
1.3.1 Primera Generación	10
1.3.2 Segunda Generación	13
1.3.3 Tercera Generación	13
1.3.4 Cuarta Generación	14
1.3.5 Quinta Generación	15
1.4 La evolución de los lenguajes de programación	16
1.4.1 Primera Generación: el Lenguaje máquina	16
1.4.2 Segunda Generación: el Lenguaje Ensamblador	17
1.4.3 Tercera Generación: Lenguajes de Alto Nivel	18
1.4.4 Cuarta Generación:	19
1.4.5 Quinta Generación: Lenguajes de Inteligencia Artificial	20
<b>Capítulo II</b>	<b>21</b>
2.1 Orígenes	21
2.2 Definición de inteligencia artificial	22
2.3 Redes neuronales	23
2.3.1 Generalidades de las redes neuronales	23
2.3.2 Definición de Redes Neuronales	25
2.3.3 Breve explicación de la estructura y funcionamiento de una red neuronal	25
2.3.4 La Memoria Asociativa Bidireccional (BAM)	27
2.4 Los sistemas expertos	31
2.4.1 Generalidades de los Sistemas Expertos	31
2.4.2 Definición de Sistema Experto	32
2.4.3 Características del Sistema Experto	32
2.4.4 Ventajas del Sistema Experto	33

2.4.5 El Sistema Experto en la Medicina	33
<b>Capítulo III</b>	<b>37</b>
3.1 ¿Por qué es diferente el desarrollo de un Sistema Experto?	37
3.2 El ciclo de vida de los Sistemas Expertos	38
3.2.1 Selección del problema	38
3.2.1.1 Investigación del problema	38
3.2.1.2 Selección de Candidatos	38
3.2.1.3 Aplicabilidad del Dominio	39
3.2.1.4 Disponibilidad Experta	40
3.2.1.5 Alcance del problema	40
3.2.1.6 Análisis Costo - Beneficio	41
3.2.2 Construcción de prototipos	41
3.2.2.1 Prototipos en General	41
3.2.2.2 Tipos de prototipos	42
3.2.2.3 Ventajas de los prototipos	43
3.2.2.4 El papel del usuario en los prototipos	44
3.2.2.5 Prototipos de Sistemas Expertos	44
3.2.3 Formalización	47
3.2.3.1 Análisis detallado del problema	48
3.2.3.2 Diseño	48
3.2.3.3 Planeación del proyecto	48
3.2.3.4 Planeamiento de la prueba	48
3.2.3.5 Planeación de la presentación inicial del producto	49
3.2.3.6 Planeación de la evaluación del producto	49
3.2.3.7 Planeación del soporte	49
3.2.3.8 Planeación de la implantación	50
3.2.4 Implantación	50
3.2.4.1 Revisión del prototipo	50
3.2.4.2 Desarrollo de la infraestructura del sistema	51
3.2.4.3 Adquisición de conocimientos esenciales	51
3.2.4.4 Desarrollo de software auxiliar	51
3.2.4.5 Integración y verificación interna	51
3.2.5 Evaluación	52
3.2.6 Evolución a largo Plazo	52
<b>Capítulo IV</b>	<b>54</b>
4.1 Introducción	54
4.2 Areas de oportunidad	55
4.3 Justificación	57
4.4 Desarrollo del prototipo del Sistema Experto	59
4.4.1 Selección del problema	59

4.4.1.1 Investigación del problema	59
4.4.1.2 Selección de Candidatos	60
4.4.1.3 Aplicabilidad del Dominio	60
4.4.1.4 Disponibilidad Experta	61
4.4.1.5 Alcance del problema	61
4.4.1.6 Análisis Costo - Beneficio	62
4.4.2 Construcción de prototipos	62
4.4.2.1 Prototipos de Sistemas Expertos	63
4.4.2.2 Pasos para la creación de un prototipo	63
4.4.3 Formalización	65
4.4.3.1 Análisis detallado del problema	66
4.4.3.2 Diseño	67
4.4.3.3 Planeamiento de la prueba	73
4.4.3.4 Planeación de la presentación inicial del producto	85
4.4.3.5 Planeación de la evaluación del producto	99
4.4.3.6 Planeación del soporte	101
4.4.3.7 Planeación de la Implantación	101
4.4.4 Implantación	102
4.4.5 Evaluación	102
4.4.6 Evolución a largo Plazo	102
<i>Conclusiones</i>	103
<i>Glosario</i>	107
<i>Bibliografía</i>	109

## **Dedicatorias y Agradecimientos**

Agradezco a Dios por brindarme todas las bendiciones: mi familia, mis amigos y una profesión.

Dedico esta investigación a mi Papá, mi Mamá y mi hermana, que siempre me ha apoyado a lo largo de toda mi enseñanza, y quienes debo el ser la persona que soy.

A todos mis maestros, por su vocación, sabiduría y el don de saber brindar sus conocimientos, además de su amistad, que permanecerán por siempre en nuestra memoria.

A mi asesora Marta Catalina Nuñez, quien es una guía y ejemplo además de brindarme sus conocimientos y apoyo para la realización de esta tesis.

También agradezco a mis amigos Jeanett, Elizabeth, Rafael, Alejandro y René, por estar conmigo en todo momento, y sobre todo por formar parte de mi vida.

## Introducción

La informática ha traído un gran cambio a nuestra forma de vida en todos los campos, beneficiándonos al hacer nuestros procesos más rápidos, más precisos y confiables.

En todos las áreas se ve reflejado este cambio: Tiendas de autoservicio, bancos, escuelas, gobierno, y la medicina no podía ser la excepción: el control diagnóstico y manejo de pacientes es un campo muy fértil.

El presente trabajo se enfoca precisamente al área de medicina en cuanto al diagnóstico de un pediatra: se trata de un Prototipo no Operacional de Sistema Experto en el cual se acumulan los conocimientos del Médico en cuanto a ciertas enfermedades y sus síntomas, y posteriormente se le puede utilizar como un apoyo para realizar un diagnóstico.

Se busca demostrar si el algoritmo del prototipo no operacional de Sistema Experto realmente sirve de apoyo para el diagnóstico del experto Pediatra del presente caso y con los casos mencionados.

La Hipótesis que se manejará a lo largo de toda la investigación y desarrollo del prototipo será:

El prototipo no operacional de Sistema Experto sirve de apoyo para la identificación satisfactoria de las enfermedades identificadas previamente y por lo tanto facilita el diagnóstico.

La **Metodología** empleada a lo largo de la investigación, es de investigación documental, en libros y revistas, posteriormente en la investigación de campo las técnicas utilizadas son la entrevista y colaboración constante con un médico pediatra de la Ciudad de Uruapan Michoacán, para probar el prototipo no operacional y verificar su efectividad.

El desarrollo del presente trabajo, se divide en 4 capítulos, el primero de los cuales trata de la Informática, su evolución desde sus principios hasta llegar a nuestros días, y de las ventajas que ha traído consigo. Posteriormente el capítulo 2 de Inteligencia Artificial trata de una de las ramas de la computación en donde se trata de sustituir o apoyar a las funciones de un ser humano con un sistema informático, que es precisamente el tema de trabajo, incluye una breve historia de sus comienzos y descripción de su funcionamiento, el capítulo 3 trata del desarrollo de ese Sistema Experto y su ciclo de vida, y para concluir, en el capítulo 4 desarrollamos y probamos nuestro prototipo no operacional del Sistema Experto para el Diagnóstico Médico enfocado a la Pediatría.



## Capítulo I

### La Informática

En nuestros días, el desempeño de labores de casi todas las personas está ligado al uso de la informática, es decir, en casi todas las actividades, se recibe información, se procesa, y se remite hacia otro lugar o persona. Es imposible no darse cuenta de que casi todos los negocios utilizan las computadoras para realizar sus operaciones, ya que es algo que vemos todos los días: al hacer un depósito en el banco, al pagar la cuenta del teléfono, al hacer las compras en el supermercado.....¿dónde estaríamos sin las computadoras ni la informática? ¡Justamente en el pasado!

Podemos recordar cuando en el supermercado, los cajeros marcaban los precios manualmente, de la etiqueta del producto, lo que se prestaba a trampas por parte del consumidor, ( como por ejemplo, cambiar los precios) o a errores por parte de la cajera, lo que acarreaba cuantiosas pérdidas para la empresa, y una molesta espera para las personas que estaban formadas .....Ahora basta con solamente pasar por un lector óptico el código de barras del producto, éste se va a la base de datos de los productos, donde se busca el correspondiente precio, el cual se va directo a la cuenta del consumidor.....todos salimos ganando con este nuevo sistema.....la empresa por la exactitud en el cobro, y nosotros, por la mínima espera. Ahora todos los negocios están tratando de ponerse al día en cuestión tecnológica, y en el aprovechamiento de la informática, ya que el que no está al día, se queda atrás. Pero, ¿Qué es la informática?

### **1.1 Definición**

Una de las definiciones de informática es la siguiente:

"Informática es la ciencia que estudia el tratamiento automático y racional de la información". (ALCALDE ET ALL, 1992; 1)

Es decir; el cómo y con qué manejar la información. El término creado en Francia en 1962, y que procede de las palabras: Información automática, nació de la idea de ayudar al hombre en los trabajos rutinarios y repetitivos, como cálculo y gestión, y el medio utilizado para esta tarea, es comúnmente la computadora.

La informática ha traído muchos beneficios a nuestra vida cotidiana, por ejemplo:

### **1.2 Beneficios de la informática**

La computadora es el impulsor de la revolución informática, y esto nos ha traído múltiples beneficios en distintas áreas, como son el trabajo, el hogar, como consumidores de bienes y servicios, y varios más, veámoslo más detalladamente:

**Beneficios en el trabajo.-** para realizar sus actividades, las personas pueden recurrir a las computadoras que son valiosas herramientas para facilitar y ahorrar trabajo, tiempo y dinero, como por ejemplo, el gerente de ventas que puede llevar sus controles mediante una base de datos, generar reportes de manera automática con sólo oprimir unas cuantas teclas; el esfuerzo de las secretarías se redujo mucho al llegar los procesadores de texto, no hay que mecanografiar un mismo documento varias veces, ahora basta con guardar el archivo y utilizarlo cuando se desee; en una tienda de ropa se sabrá cuándo llegará un pedido consultando una base de datos, o verificar existencias con sólo una consulta, y todo eso lleva a los consecuentes beneficios de rapidez y eficiencia en la atención al cliente.

**Beneficios en las organizaciones.-** entre los beneficios que han tenido las organizaciones con la incorporación de las computadoras y la informática, destacan:

Ahorro de recursos.- por ejemplo en cuanto a materiales, mucha de la información que se almacenaba en archivos físicos enormes, ahora se puede guardar en simples y prácticos archivos lógicos.

Mayor calidad.- por ejemplo, en la fabricación de automóviles, en el proceso de pintado de las partes, se utiliza un programa de inteligencia artificial para verificar la calidad con que se pintó la pieza.

Menor espera de los clientes.- por ejemplo, en la atención de un banco, al incorporar las computadoras, el servicio se agiliza de manera notable.

Respuestas rápidas y exactas a las consultas.- consultando una base de datos, una operadora de teléfono puede decirnos de dónde es el número misterioso que aparece en nuestro recibo telefónico.

Servicio eficiente al cliente y mejor control de inventarios.- ésto se observa con mayor claridad en las tiendas de autoservicio, donde a la hora de pagar la espera es mínima y ellos saben exactamente qué tienen de existencia en inventarios.

Beneficios en el entretenimiento y la educación.- la computadora se hace cada vez más indispensable, esta vez en la educación. Cada vez crece más el número de programas educativos, donde el usuario lleva el ritmo de aprendizaje y controla lo que va aprendiendo, además de que es entretenido. Hay mucha información disponible en este campo, y un ejemplo son las enciclopedias, que incorporan gráficos y sonidos que hacen muy amena su consulta. En lo tocante al entretenimiento, las computadoras se utilizan para muchas cosas, como los efectos especiales en las películas, o los juegos de computadora, donde el usuario puede

componer música, pintar, o hacer muchas cosas más. El internet es un excelente ejemplo de lo que la informática puede hacer por ambas cosas: hay 'sitios' de internet para todos los propósitos y de todos los temas, entre ellos educativos y de entretenimiento.

(SANDERS,1997:141-146)

### **1.3 La informática y el desarrollo de las computadoras**

Durante mucho tiempo los humanos vivieron sobre la tierra sin registrar su información de una manera eficaz; al crecer la población, e iniciar actividades de comercio, se comenzó a registrar, de diferentes maneras, por las diferentes culturas, como, por ejemplo, los babilonios guardaban su información en tablillas de barro. El ábaco fue uno de los primeros instrumentos para calcular, se usa desde aproximadamente hace más de tres mil años.

#### **1.3.1 Primera Generación**

Las maneras de calcular y almacenar la información se fueron perfeccionando, y 1642 se considera el año en que se construyó la primer calculadora mecánica, gracias a Blas Pascal. Aproximadamente 30 años después, el matemático alemán Gottfried Von Leibniz mejoró este invento, creando una máquina que restaba, multiplicaba, dividía y extraía raíces.

La historia de las tarjetas perforadas data de 1801, cuando un tejedor francés llamado Joseph Marie Jacquard las inventó para controlar sus telares mecánicos.

Aproximadamente en el año de 1833, Charles Babbage, profesor de matemáticas, construyó una máquina para calcular cuatro operaciones básicas, y su sueño fue construir una máquina que incluyera una entrada de tarjetas perforadas, unidad de almacenamiento, una unidad aritmético lógica, impresión de salida y una

exactitud de 20 cifras, lo que se considera un prototipo adelantado 100 años a su época; fue ayudado por Lady Augusta Ada Lovelace, hija de Lord Byron, quien corrigió algunos errores en el trabajo Babbage e inventó formas de enfocar el diseño de programas empleando tarjetas perforadas, a ella se le considera la primer programadora de computadoras.

En la década de 1880, en los Estados Unidos la información se procesaba totalmente a mano, lo que producía importantes retrasos e inexactitudes en el cálculo de la información, un ejemplo de ello es que en el censo de 1880, la información se terminó de procesar cuando ya era hora de realizar el próximo censo, en 1890, pero para ello contrató al doctor Herman Hollerith, un estadístico, quien mejoró el invento de las tarjetas perforadas, construyó dispositivo llamado "la máquina del censo", la cual leía las tarjetas perforadas de forma mecánica.

Después de que su invento fue utilizado exitosamente en el censo de 1880-1890, Hollerith adaptó su equipo para comercializarlo, fundó su propia compañía para comercializar su invento y posteriormente se fusionó con otras para formar la que ahora se conoce como International Business Machine (IBM), la cual fue de las primeras compañías que fabricaron computadoras, y siguieron comercializando la tecnología de la máquina del censo, que continuó en uso hasta aproximadamente 1970.

El primer prototipo de computadora *electrónica* se inventó en 1937-1938 por el doctor John Atanasoff, profesor de física y matemáticas, construyéndola y adecuándola a sus necesidades, llamada "computadora Atanasoff-Berry", o ABC (*Atanasoff-Berry computer*). La ABC empleaba bulbos al vacío para almacenar datos y efectuar operaciones aritméticas y lógicas.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1942), hubo un gran impulso en materia de computación, para facilitar el uso de artillería y descifrar mensajes enemigos. John P. Eckert y John W. Mauchly, de la Universidad de Pennsylvania, construyeron una computadora eléctrica de gran velocidad, bautizada como ENIAC (Calculador e Integrador Numérico Eléctrico). En ella se utilizaron bulbos al vacío, pesaba 30 toneladas y ocupaba el espacio de una casa de tres recámaras, pero era 300 veces más rápida que cualquier otro dispositivo de la época.

En 1944, el profesor Aiken de Harvard realizó una computadora electromecánica, que utilizaba la tecnología de las tarjetas de Hollerith, y la llamó Mark 1.

La primer referencia de lo que después se conocería como Software, la hizo el matemático John Von Newman en 1945, con su concepto de programa almacenado. Su idea fue de que las computadoras deberían tener una estructura sencilla y fija y realizar funciones gracias a programas y no por cambio de cables. Anticipó lo que sería la base de la programación estructurada: el concepto de subrutina ( que es programación de tareas que se repiten para ahorrar tiempo).

En adelante se construyeron máquinas que almacenaran programas, como la EDVAC, de la Moore School; la Universal Automatic Computer, o UNIVAC (computadora automática universal), primer computadora adquirida por una empresa de negocios para procesar datos y almacenar información y que marcó el principio de la era de las computadoras.

### **1.3.2 Segunda Generación**

Se considera a partir del año de 1959, y tenía la particularidad de contar con sistemas especializados, había computadoras científicas y no científicas, pero no se procuraba que funcionaran en ambos ambientes.

Estas computadoras eran pequeñas y rápidas y con una capacidad de cómputo mayor. El bulbo al vacío se suplió por componentes compactos de estado sólido, como los transistores desarrollados en los Bell Laboratories, y estos transistores junto con otros componentes se colocaron en pastillas de silicio.

IBM presentó el primer sistema de almacenamiento en disco, que es el precursor del actual disco duro y Texas Instruments inventó en circuito integrado o chip, que da inicio a la era de la miniaturización, ya que anteriormente el tamaño de las computadoras era enorme.

En este tiempo a las computadoras se les consideraba un instrumento de contabilidad, y las compañías las adquirían principalmente por el prestigio que daba el tener una, subestimándose su potencial. En 1963 se construyó la primer microcomputadora, la PDP-8 de Digital Equipment.

### **1.3.3 Tercera Generación**

Es considerada de 1964 a 1971 aproximadamente, ya que la industria nunca se puso de acuerdo, está formada por computadoras con alto contenido de instrucciones que podían ejecutar tanto operaciones científicas como procesamiento de archivos. IBM inicia esta generación con su familia System 360 de macrocomputadoras, basadas en microchips, y cuya evolución nos conduce hacia las computadoras actuales.

La base de lo que se conoce como Internet, es una red de computadoras para la investigación, del Departamento de Defensa de los Estados Unidos ARPANET, cuyas primeras conexiones internacionales se establecieron en 1972.

Intel introdujo el primer chip de memoria de acceso aleatorio (RAM de las siglas Random Acces Memory) el cual se denominó 1103 y tenía capacidad para 1 Kb.

En los Sesentas se realizaba el procesamiento por lotes, el cual traía muchas desventajas, entre ellas el retraso, frustrante para el usuario.

Para solucionar ese problema, se introdujo el tiempo compartido, lo cual significa que hay un sistema con varias estaciones (computadoras) independientes, donde todas pueden trabajar al mismo tiempo, y el procesador central le dedica una fracción de tiempo a cada estación, así el usuario percibe que solo él utiliza la computadora y que hay un ambiente interactivo, es decir, respuesta inmediata por parte de la computadora.

Intel desarrolló el primer microprocesador, denominado 4004, que hizo posible la creación de las microcomputadoras, y el inicio de una Cuarta generación.

#### **1.3.4 Cuarta Generación**

Es considerada de 1972 a 1973, y comienza con la necesidad de las organizaciones pequeñas o con bajo presupuesto, de tener el apoyo de las computadoras, pero de un tamaño y costo menor, ya que las grandes computadoras solucionaban solamente los problemas de las grandes organizaciones. Así se comienza con computadoras que se basan en circuitos integrados que cuentan con mas de 10 mil componentes en cada chip.



### 1.3.5 Quinta Generación

De 1974 a la fecha, se caracteriza por la llegada de las computadoras personales, con el objetivo de mejorar la interfaz con el usuario y la eficiencia en su funcionamiento.

La primer computadora personal a la venta se llamaba MITS Altair 8800, la cual contaba con un procesador Intel 8800. IBM produjo la IBM PC, de la cual se derivarían los modelos actuales de PC

Apple e IBM, que son de las compañías más importantes, han estado a la vanguardia con sus inventos en computadoras cada vez más veloces, con más capacidad y funcionalidad.

El avance de la informática ha sido veloz, y debemos esperar un crecimiento cada vez más acelerado de la industria de la computación, la cual continúa innovando y cautivando al público con sus nuevos productos. La pregunta es ¿Hasta dónde irá a parar este desarrollo? ¿Habrá un límite?

Bibliografía del capítulo

(SANDERS,1997:43-50)

(REFORMA,1999:14A)

#### **1.4 La evolución de los lenguajes de programación**

"Los lenguajes son sistemas de comunicación. Un lenguaje de programación consiste en todos los símbolos, caracteres y reglas de uso que permiten a las personas comunicarse con las computadoras".(SANDERS,1997:577)

Las instrucciones que deben tener todos los lenguajes son:

- Entrada
- Salida
- Procesamiento y manipulación de datos
- Lógica
- Comparación
- Almacenamiento
- Recuperación

A pesar de estos elementos en común, difieren unos de otros por los símbolos, caracteres y sintaxis que utilizan. A continuación se menciona la evolución de los lenguajes:

##### **1.4.1 Primera Generación: el Lenguaje máquina**

El lenguaje máquina constaba de unos y ceros, y es el lenguaje natural de las máquinas. Se divide en dos partes:

La primera es de comando o de operación, que le dice a la computadora lo que debe hacer, y la segunda parte es el operando, que le dice dónde encontrar las instrucciones y los datos que va a manipular. Para realizar un programa, el programador tenía que recordar muchos códigos numéricos para cada instrucción,

las posiciones de su almacenamiento y además la codificación inicial requería meses en muchas ocasiones.

#### **1.4.2 Segunda Generación: el Lenguaje Ensamblador**

Este lenguaje surgió para brindar ayuda a los programadores, utilizando códigos mnemotécnicos para las operaciones y direcciones simbólicas. Se sustituyeron los códigos en lenguaje máquina por símbolos alfabéticos, y el programa ensamblador traducía los símbolos a unos y ceros para que la computadora realizara sus operaciones.

Un programa de instrucciones escrito en lenguaje ensamblador, se llama programa fuente, y cuando el lenguaje convierte este programa fuente en código que puede entender la máquina, se le llama programa objeto.

Este lenguaje también sirvió, para asignar direcciones de almacenamiento de los datos. A esto se le llamó direccionamiento simbólico, en otras palabras, su localización numérica, por medio de símbolos.

Las ventajas del lenguaje ensamblador sobre el lenguaje máquina, son que el ahorro de tiempo y que requerían menos atención de detalles, se cometían menos errores y eran más fáciles de encontrar; las modificaciones del programa eran más fáciles que el lenguaje máquina. La desventaja fue que era orientado a la máquina, es decir, estaba hecho para la marca y modelo de la computadora en que se estaba usando, solamente, así que si se quería trasladar el programa a otra máquina, se tenía que modificar y codificar el programa.

### 1.4.3 Tercera Generación: Lenguajes de Alto Nivel

Los lenguajes ensambladores producían solamente una instrucción en lenguaje máquina por cada instrucción en lenguaje fuente. Posteriormente se logró que una instrucción en lenguaje fuente produjera un número variable de instrucciones en lenguaje máquina, a esto se le llamó macroinstrucción. El uso de las técnicas mnemotécnicas y de las macroinstrucciones, llevó al desarrollo de los lenguajes de alto nivel. Estos lenguajes estaban orientados a un tipo de problema, como son científico-matemáticos o de procesamiento de archivos.

Los lenguajes de alto nivel presentaron muchas ventajas sobre el lenguaje ensamblador, como son:

- Facilidad de aprendizaje
- Rapidez para escribirlos
- Facilidad de mantenimiento
- Se puede tener una mejor documentación del programa creado
- El mismo lenguaje no está limitado a un solo tipo de máquina
- Ahorraba costo de reprogramación en caso de adquisición de nuevo equipo.

Los lenguajes de alto nivel, también requieren que se les traduzca al lenguaje máquina para poder funcionar, los programas que hacen ésto posible se llaman compiladores, donde el compilador hace que una sola instrucción en el programa fuente produjera un gran número de instrucciones en lenguaje máquina.

Los programas intérpretes, en vez de traducir y grabar el código objeto para una futura utilización, sólo corren el programa fuente con los datos que se van a procesar, a continuación, el intérprete convierte cada instrucción del programa fuente

en lenguaje máquina conforme vaya siendo necesario durante el proceso de los datos. No se graba el código objeto para usarlo posteriormente.

La diferencia entre el compilador y el intérprete es que un programa compilado es mucho más rápido que uno que se tiene que interpretar paso a paso durante la corrida.

#### **1.4.4 Cuarta Generación:**

"Un lenguaje de cuarta generación interactúa con programas de *sistema de manejo de base de datos* (SMBD) para almacenar, manipular y recuperar los datos que se necesitan para satisfacer los requerimientos del usuario".(SANDERS,1997:583)

Un lenguaje de alto nivel es un lenguaje de procedimientos, es decir, el programador tiene que especificar qué es lo que quiere hacer y cómo se va a hacer, especificando todos los procedimientos, en cambio, un lenguaje de cuarta generación permite al programador decir qué es lo que quiere obtener, cuál es la salida que desea, sin especificar cómo se va a lograr.

El uso de los lenguajes de cuarta generación se está expandiendo, y es mucho más fácil utilizarlos que utilizar los lenguajes de alto nivel, sin embargo, no ofrecen tanto control sobre la salida, no están respaldados por la industria, ni ofrecen el máximo aprovechamiento de los recursos como los de alto nivel, por lo tanto, la mayor parte de los programas de aplicación que se están realizando está escrita en lenguajes de alto nivel.

(SANDERS,1997:577-584)

#### 1.4.5 Quinta Generación: Lenguajes de Inteligencia Artificial

Los programas que se realizan en estos lenguajes tienen el propósito principalmente de imitar el comportamiento inteligente. Algunos ejemplos de programas con inteligencia Artificial, son juegos como el ajedrez, programas de comprensión del lenguaje natural y "Sistemas expertos".

Muchos de los experimentos de Inteligencia Artificial, que en un principio estaban confinados a laboratorios de investigación, se han puesto en práctica como es el caso antes citado de las cadenas de producción de automóviles, donde por medio de un programa de Inteligencia Artificial, se determina si el proceso de pintado fue perfecto o si tuvo fallas.

(TUCKER,1990:9)

Hemos visto un capítulo introductorio a la informática en general, los beneficios que ha traído a la vida cotidiana, la evolución de los lenguajes de programación y el desarrollo de las computadoras, es importante observar la continua y creciente intervención de la informática en todos los ámbitos, y los pasos agigantados con que ha avanzado, para explicarnos por qué son imprescindibles los sistemas informáticos en todas las áreas. Ahora continuaremos con el foco de estudio, que es la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, para comprender lo que son, cómo funcionan y los beneficios que han traído a nuestra vida moderna.

## Capítulo II

### La Inteligencia Artificial

El hombre desde un principio ha tratado de liberarse de las tareas más pesadas ideando o inventando métodos para optimizar sus actividades, con el mínimo esfuerzo. Una prueba de ello es la invención de la rueda, o la utilización de animales para carga. Constantemente la humanidad se ha esforzado por lograr algo que supla sus actividades más pesadas, o cualquier actividad. Pero aún falta mucho camino por recorrer. En el presente capítulo trataremos la definición de Inteligencia Artificial (de ahora en adelante IA), su definición, principios, formas de inteligencia artificial, sus aplicaciones, para damos una idea general de lo que es la IA, y de cómo se aplica en el prototipo no operacional de diagnóstico. Para empezar, veamos sus comienzos:

#### **2.1 Orígenes**

En los años Cincuentas surgió un interés de psicólogos y pedagogos, por encontrar métodos de resolución a problemas, con el fin de que estos métodos pudieran enseñar a los estudiantes y se prepararan mejor. Esto se hizo porque habían observado que una persona, a pesar de tener todos los elementos sobre un problema, a veces no lograban resolverlo.

Se realizaron muchos estudios sobre resolución de problemas y éstos se intentaron trasladar a las computadoras, pero surgió el problema de cómo representar el conocimiento, y sus relaciones. Se realizaron varios trabajos entonces sobre la resolución de problemas en computadoras, lo cual causó mucha euforia, como citaba en 1967 Donald Michie de la Universidad de Edimburgo, que en menos de 20 años existirían máquinas tan inteligentes como el hombre, pero no se tuvo tal

éxito. Tal vez el problema consistió en las limitaciones en la profundidad de los cálculos y en el número de conocimientos que se podían procesar. Es decir, eran problemas muy amplios y las herramientas de entonces no eran las adecuadas.

En la década de los setentas, las formas de resolución de problemas cambian. No se conocía la forma en que el cerebro razona pero se trata de imitar esta forma de razonamiento, en campos muy concretos del conocimiento. Fue lo que dio origen a los sistemas expertos. En la misma década de los setentas, surgen también los lenguajes de apoyo a la inteligencia artificial.

(SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991:13)

## **2.2 Definición de *inteligencia artificial***

"La IA se define como la ciencia que trata de la comprensión de la inteligencia y del diseño de máquinas inteligentes, es decir, el estudio y la simulación de las actividades intelectuales del hombre (manipulación, razonamiento, percepción, aprendizaje y creación)"(SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991: 1)

Dentro de la IA, dada su gran extensión, existen muchos campos, entre ellos:

- La robótica (o manipulación), estudia las máquinas capaces de sustituir al hombre en realizar procesos mecánicos repetitivos y tareas manuales
- Los Sistemas Expertos (razonamiento), que estudian la simulación de los procesos intelectuales de los expertos humanos como son la interpretación de datos y el diagnóstico.
- Las redes neuronales (aprendizaje), estudia el aprendizaje de nuevos conocimientos de forma automática por los programas de computadora.

(SÁNCHEZ Y BELTRÁN, 1991: 5-6)



Algunos de los hechos históricos más importantes para la IA son:

En 1950 Alan Turing (1912-1954) ideó una prueba para reconocer "comportamientos inteligentes", esta prueba dice que la inteligencia de un sistema viene dada por la sensación de inteligencia que recibimos de un sistema, al tener la imposibilidad de distinguir si es una persona o una máquina con la que estamos hablando.

En 1955 Mied Newell, J.C. Shaw y Herbert Simon de la CMU (Carnegie Mellon University) desarrollaron el lenguaje IPL II que se considera el primer lenguaje de la Inteligencia Artificial.

A continuación dos ramas de la inteligencia Artificial: las redes neuronales y los sistemas expertos.

## **2.3 Redes neuronales**

### **2.3.1 Generalidades de las redes neuronales**

Hay varias preguntas en torno al funcionamiento de las computadoras. Una de ellas es, cómo es posible que una computadora que es capaz de realizar 100 millones de operaciones por segundo, no sea capaz de identificar una imagen, o distinguir objetos, o aprender como hacemos los humanos. Y no es que las computadoras sean inadecuadas, han sido y siguen siendo útiles para muchas cosas, como procesar textos, manejar bases de datos, resolver problemas científicos y matemáticos, y la lista puede extenderse mucho. El hecho es, que las actividades que se mencionaron, como es el distinguir objetos, requieren actividades complicadas y un paradigma diferente para programar. El cerebro puede distinguir objetos, y la computadora no, porque el cerebro funciona diferente que una computadora.

"Aunque el tiempo de respuesta de una célula neuronal individual es típicamente del orden de unas pocas decenas de milisegundos, el paralelismo masivo y la interconectabilidad que se observan en los sistemas biológicos complejos son las causas de la capacidad del cerebro para llevar a cabo complejos reconocimientos de tramas en unos pocos centenares de milisegundos."  
(FREEMAN/SKAPURA, 1993:3)

Es decir, el cerebro desarrolla estas actividades tan difíciles porque cuenta con millones de neuronas trabajando y comunicándose al mismo tiempo. Si disponemos de una computadora que resuelve los problemas secuencialmente, entonces vamos a querer resolver todos nuestros problemas con esa metodología, es decir, con algoritmos secuenciales.

En 1943 Warren, McCulloch y Walter Pitts trabajaron con redes neuronales (*Bulletin of Mathematical Biophysics*, citado por SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991:7), que en pocas palabras consiste en "el estudio de modelos que siguen la arquitectura del cerebro humano con el fin de conseguir con ello la realización de las tareas propias del cerebro de una forma artificial, incluyendo, por supuesto, la inteligencia."  
(SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991: 5-6)

En otras palabras, se imitaba la estructura interna o "hardware" del ser humano.

Frank Roseblett de la Universidad de Cornell de Nueva York, construyó en 1957 una máquina llamada Perceptrón, que se basaba en redes neuronales, la cual tenía tres capas, una de percepción, otra de asociación, y una tercera de respuesta.  
(Cornell Aeronautical Lab.citado por SANCHEZ y BELTRÁN, 1991: 8)

Con la tecnología de éstos últimos años, se espera que en un futuro cercano, se logren densidades de integración en las memorias tipo RAM como las del cerebro humano, para realizar la percepción de sonidos e imágenes, además de procesos de aprendizaje.

Como ejemplo de los adelantos actuales en el campo de las redes neuronales, podemos mencionar a NETTALK, que es una computadora neuronal teórica que aprende a leer y que ha sido concebida por Terry Sejnowski de la Universidad Johns Hopkins.

### **2.3.2 Definición de Redes Neuronales**

Ya que nuestras computadoras son poco adecuadas para este tipo de problemas como el de los objetos, entonces se tomaron ciertas características de la fisiología del cerebro para crear nuevos modelos de procesamiento. A estas técnicas se les ha dado el nombre de Sistemas Neuronales Artificiales, o simplemente redes neuronales.

Visto lo anterior, concluimos que las redes vienen a resolver problemas que los algoritmos secuenciales no son capaces de resolver.

(FREEMAN/SKAPURA, 1993:3)

### **2.3.3 Breve explicación de la estructura y funcionamiento de una red neuronal**

La semejanza entre un cerebro y una computadora es que cada neurona es como un procesador binario, que da como salidas 0 ó 1 dependiendo de las señales que le llegan de otras neuronas, y cada una, puede estar activa o inactiva dependiendo del procedimiento que esté realizando.

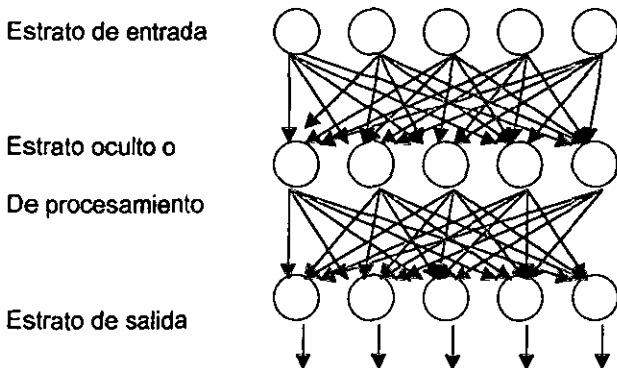
\*El acceso a la memoria no es por la dirección de memoria donde se

encuentra físicamente el contenido, como ocurre en las computadoras actuales, sino es directamente por contenido, lo cual lleva a pensar en estructuras y procesos nuevos como son: las "búsquedas inteligentes de la información", las organizaciones asociativas de la memoria, las redes jerárquicas, las arquitecturas conectivistas de procesadores, los procesadores con pequeños juegos de instrucciones, etc." (SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991:7)

"Las estructuras de las redes neuronales son una colección de procesadores paralelos conectados entre sí en la forma de grafo dirigido, organizado de tal modo que la estructura de la red sea la adecuada para el problema que se esté considerando."(FREEMAN/SKAPURA, 1993:4)

Cada elemento o unidad de la red se llama nodo, y se conectan unos con otros por medio de arcos, y la dirección del flujo de información dentro de la red se señala por medio de puntas de flechas. Esta red se divide en tres capas o estratos: de entrada, oculto y de salida, como se muestra en la figura 1.

**Figura 1: Representación gráfica de una red neuronal**



### 2.3.4 La Memoria Asociativa Bidireccional (BAM)

La memoria asociativa es una de las funciones más importantes del cerebro, como por ejemplo, cuando asociamos la cara de un amigo con su nombre, o un nombre con su número de teléfono. Si vemos en la calle a una persona que nos parece conocida, empezamos a tratar de relacionarla con los rostros de las personas que tenemos en nuestra memoria. Realizamos, tal vez sin darnos tanta cuenta, una serie de comparaciones de las personas que recordamos con esas características en cuestión de milisegundos o minutos dependiendo de la rapidez con que recordemos: la boca, los ojos, la nariz, en fin, características de la persona, hasta llegar a una conclusión: encaja perfectamente con el recuerdo del rostro que tenemos de Luis, o al menos, se parece mucho si es que tenemos mucho tiempo sin verlo y por lo tanto, es Luis.

Durante el proceso de recordar quién era esa persona, pudo haber más hombres parecidos a Luis, con la misma estatura, con el mismo corte de pelo, pero no reunían las características principales, había coincidencias, pero también había diferencias significativas, las cuales no permitieron llegar a la conclusión de que era Luis.

Las computadoras también tienen memoria asociativa, como por ejemplo, cuando asocian direcciones con datos en una base de datos.

La Distancia de Hamming.- ¿qué es? Como en el caso antes mencionado, donde se hacía mención las características de las personas, la distancia de Hamming se puede interpretar en este caso como la suma de las características diferentes entre Luis y otros hombres. En otros términos, si ponemos las

características de Luis en un vector, llamado ideal y las de otra persona en el otro vector, llamado suceso, como pelo, ojos, boca y nariz, distancia de Hamming es la suma de elementos diferentes entre esos dos vectores: lo que tenemos entendido en la mente que es realmente Luis, y el vector de suceso contiene las características de la persona que vimos en la calle y que parece ser Luis. Hay muchos modelos de redes neuronales que emplean el concepto de distancia entre dos vectores. Suponiendo que tenemos una matriz de 5 por 5 elementos, y dibujáramos la figura del número 1, las coordenadas de este

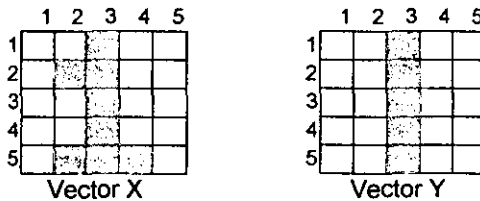


Figura 2

número, que es el patrón ideal, se introducen a un patrón ejemplo, llamado X, que es el uno tal cual lo conocemos y sabemos con seguridad que es un uno, y el otro vector, llamado Y, tendría las coordenadas del otro número que pudiera ser un uno u otro símbolo. Tendría que haber, para este ejemplo, una serie de vectores ejemplo para realizar las comparaciones.

Tomando cada elemento de la matriz de la figura 2 si está sombreado como un 1(un) y si está vacío como un -1 (menos uno), los vectores quedarían de la siguiente manera:

Vector X (-1,-1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,1,1,1,-1)

Vector Y (-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,1,1,-1,-1)

Entonces la BAM realiza una serie de mediciones y comparaciones entre el vector Y con todos los vectores ideales, y llega a una conclusión: es un uno o no es un uno. En este caso la distancia de Hamming tiene el valor de 3 y suponiendo que se realizó la comparación entre varios vectores por ejemplo representando el 0, el 8 y el 9, y el vector Y (dos a la vez, es decir, el ideal y el de suceso) con resultado de distancias de Hamming de valor 10, 9, y 7, entonces se llega a la conclusión de que es un uno porque la menor distancia de Hamming se tuvo con el vector ideal que representaba el uno. Mientras menor sea la distancia de Hamming, mayor parecido tendrán los elementos comparados y existe la posibilidad de que sean iguales y se puedan realizar ajustes durante la retroalimentación para que se corrijan diferencias o errores.

La BAM (Figura 3) consta de dos capas de elementos que están completamente interconectados entre capas, y las unidades pueden o no tener conexión de alimentación consigo mismas. En la Arquitectura de la BAM, hay pesos asociados a las conexiones entre elementos, es decir, los valores contenidos en cada elemento se pueden asociar con la conexión, por ejemplo, para la conexión entre el elemento uno de la capa 1 y el elemento 1 de la capa 2, se comprueba la existencia de un valor (peso) entre sólo esos dos elementos, en otras palabras, se comparan si hay 1 ó 0 en las coordenadas de los vectores 1 y 2 en la posición (1,1), y en este caso coinciden en tener el valor 0. Los valores o pesos se pueden determinar por anticipado si se identifican a todos los vectores de entrenamiento.

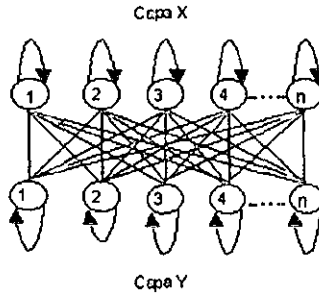


Figura 3: Arquitectura de la BAM

Fuente: Freeman/Skapura

La BAM se puede utilizar para recordar información si se le da un parámetro, como por ejemplo recordar el teléfono de Castillo, si la información de entrada tiene ruido (mal escrita), como si se escribiera Kastillo, la BAM corrige la información o la completa, en este caso corrigiendo la ortografía, y proporciona el número correspondiente.

El funcionamiento de la BAM se resume en los siguientes pasos:

1. Se aplica un par de vectores iniciales ( $X$  y  $Y$ ) a los elementos de proceso de la BAM. Esto quiere decir que tenemos dos vectores, y tomando el ejemplo de nuestro amigo Luis, uno donde se contienen las características de su persona, como ojos, nariz, boca y en otro vector, se tiene la forma de identificar el otro vector de las características de Luis. Esto es nuestro ideal de Luis, todas y cada una de sus características. Pero no sólo tendremos los datos de Luis, además tenemos otros amigos, de quienes también se introducirán su par de vectores: las características y el identificador de la persona. Creamos una matriz de pesos, llamada  $W$ , que es la base de conocimientos de nuestra red neuronal.



2. Se propaga la información de la capa X a la capa Y, y se actualizan los valores de esta última. Significa que nos llega un vector X de suceso, con las características de una nueva persona de la cual desconocemos su identidad, y con nuestra base de conocimientos, creamos el vector de posible identificación de la persona.
3. Se propaga la información actualizada de Y a X, y se vuelven a actualizar los valores. Esto es, con el nuevo vector Y de identificación, actualizamos o 'propagamos' la información al vector de las características, para ver si existe alguna diferencia con el de alguno de nuestros amigos con el vector X que se quiere identificar.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que no haya diferencia en las unidades de ambas capas, es decir, hasta que la distancia de Hamming sea mínima o nula. Es decir, que si existe diferencia todavía con cualquiera de los vectores, se repiten los pasos 2 y 3, hasta que ya no exista ninguna diferencia con los vectores X de dos personas. Es entonces cuando el algoritmo ha identificado de quién se trata, y por lo tanto, ha concluido. Este proceso se detalla claramente en la parte práctica de la presente tesis.

(FREEMAN/ SKAPURA, 1993:137-139)

## **2.4 Los sistemas expertos**

### **2.4.1 Generalidades de los Sistemas Expertos**

DENTRAL es el nombre del sistema experto que se considera como precursor, es de la Universidad de Standford en 1967 que servía para determinar la estructura química de un compuesto orgánico.

En la década de los Ochentas, pasaron dos cosas:

- Se popularizaron los sistemas expertos como una metodología para la resolución de múltiples problemas
- Se generalizaron los sistemas expertos que permitían ampliar el campo de conocimiento.

El avance en cuanto a los sistemas expertos ha continuado a pasos agigantados.

#### 2.4.2 Definición de Sistema Experto

"Un Sistema Experto, SE para abreviar, o Sistema Basado en el Conocimiento, es un conjunto de programas de computadora que son capaces, mediante la aplicación de conocimientos, de resolver problemas en un área determinada del conocimiento o saber, y que ordinariamente requerirían de la inteligencia humana"(SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991:5-6)

"Un SE es una aplicación informática que soluciona problemas complicados que de otra manera exigirían ampliamente la pericia humana. Para lograr esto, se simula el proceso de razonamiento humano mediante la aplicación específica de conocimientos y de inferencias".(ROLSTON,1991:1)

Con estas dos definiciones, se concluye que un SE es un programa que soluciona problemas con su inteligencia, la cual está delimitada a los datos con que fue entrenado, y simula el razonamiento humano.

#### 2.4.3 Características del Sistema Experto

Adquisición de conocimientos.- los conocimientos deben introducirse en el sistema para que este pueda funcionar, para ello, se le deben extraer a un experto humano.

Fiabilidad.- esta está basada en la resolución de sus problemas, y en la explicación que da para esta decisión que tomó.

Dominio de conocimientos.- el sistema sólo es experto en un área específica de conocimientos.

Resolución de problemas.- Gracias a la experiencia que se le transmite al sistema, éste puede tomar decisiones rápidas y acertadas.

(SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991: 19-21)

#### **2.4.4 Ventajas del Sistema Experto**

Las ventajas que un SE presenta sobre un experto humano, son las siguientes:

- Siempre están disponibles, ya que no mueren, no se cansan o se jubilan
- No tienen carácter, son formales, dóciles y se puede obtener información de ellos no importando la hora
- Tardan muy poco en la resolución de un problema
- Tienen alta eficacia resolutoria
- Son muy organizados
- Realizan cálculos exactos

No con esto se trata de desplazar a los expertos humanos o decir que son mejores que ellos, hasta ahora no hay comparación, ya que los SE están limitados a los conocimientos que les proporciona el hombre, sólo se intenta mencionar algunas de las ventajas de contar con un SE.

(SÁNCHEZ y BELTRÁN, 1991: 16-17)

#### **2.4.5 El Sistema Experto en la Medicina**

El campo de aplicación más importante de los Sistemas Expertos, a nivel investigación, es el de la medicina.

En los años Sesenta surgió la inquietud de desarrollar programas que realizaran diagnóstico médico automático, por lo que se realizaron varios, que calculaban las probabilidades de un número reducido de enfermedades. Desgraciadamente, se les acogió con frialdad por los médicos.

Pero en 1961 se creó el programa BMDP (BioMeDical Computer Program) en la Universidad de Berkeley que se emplea hasta la actualidad, en el análisis estadísticos de las causas y los efectos de las enfermedades.

En los años Setentas, sucedieron tres cosas que beneficiaron el desarrollo de Sistemas Expertos:

- La aparición de las microcomputadoras
- La aplicación de técnicas interactivas con éstas
- El desarrollo de la Metodología de Sistemas Expertos

Estos nuevos programas eran fáciles de manejar, dialogantes y daban justificaciones del diagnóstico realizado, además de imitar el comportamiento médico en tareas como análisis, diagnóstico, terapia, simulación y educación.

Entre 1974 y 1975 se desarrollaron los primeros SE en diagnóstico médico, y hasta la fecha, ha habido mucho desarrollo de estos SE en el campo de la medicina, y las causas de ello se enumeran a continuación:

- La experiencia es fundamental, debido al complejo funcionamiento del cuerpo humano.
- Los conocimientos son demasiado extensos, y la tendencia a la especialización es cada vez mayor.
- Existen muchas bases de datos médicas.

- Es frecuente que se encuentren datos incompletos, imprecisos o inciertos
- Se usa información de tipo simbólica, como los análisis
- El conocimiento se incrementa, ya que constantemente aparecen nuevos sistemas de análisis y exploración
- Es muy útil que el programa explique los pasos seguidos y haga una justificación de los resultados, porque la salud de un paciente puede estar en juego.

A pesar de todo, la mayoría de los SE no han pasado de fase de prototipos, ya que su desarrollo es muy costoso al necesitarse de un programador y más de un experto en el área para que pueda considerarse el SE como objetivo, ya que no se puede crear basándose en el criterio de un solo experto, por lo tanto, ya que el costo de desarrollo es alto, igualmente sería alto el precio de venta del SE, por ello no se han comercializado con éxito o distribuido ampliamente. También contribuyen los factores de tipo social, como es la falta de aceptación de un programa informático para realizar una decisión tan importante como es un diagnóstico médico, y tecnológicamente hablando, no siempre los médicos o sus instituciones cuentan con el equipo apropiado para el uso de un SE.

En el futuro no será posible frenar el desarrollo de los SE debido a las siguientes razones:

- La ciencia Médica es de las que más requieren de experiencia.
- El campo de conocimiento es muy extenso y se tiende hacia la especialización.
- Hay numerosas bases de datos médicas.
- Es muy frecuente el uso de datos imprecisos, inciertos e incompletos.

- Aparecen nuevos sistemas de análisis y de exploración.
- Será de gran apoyo el que un médico respalde su diagnóstico consultando a un sistema experto.

(Sánchez y Beltrán, 1991; 199:201)

El presente capítulo nos ha servido para entender qué es la Inteligencia Artificial y sus ramas de redes neuronales y sistemas expertos; en el siguiente capítulo veremos cómo se lleva a cabo el desarrollo de un Sistema Experto.

## Capítulo III

### Desarrollo de Sistemas Expertos

El desarrollo de un sistema experto no es como el de un sistema tradicional. Implica una serie de pasos a seguir que difieren un poco en cuanto a metodología, como veremos a continuación:

#### 3.1 *¿Por qué es diferente el desarrollo de un Sistema Experto?*

Para el desarrollo de un SE, se crea un modelo que es una versión del modelo de desarrollo de sistemas tradicional, y se toma en cuenta la naturaleza evolutiva del desarrollo del software, ya que los SE tratan con problemas que no se entienden bien, o no están bien definidos. Dicho de otro modo, el desarrollo de estos sistemas está enfocado al constante cambio y revisión, lo que en los sistemas tradicionales no sucede sino en las etapas iniciales, y se vuelve a ver el sistema hasta la implantación del mismo.

Hay varias características únicas del modelo de SE:

- El cliente y el experto en el dominio están involucrados a lo largo de todo el proceso de creación del sistema.
- Hay demostraciones de cómo va quedando el sistema en todo el proceso, para que el cliente y el experto hagan sugerencias o pidan modificaciones, además de que ven si el sistema va a ser funcional.
- Los cambios se visualizan como algo saludable en el proceso de prototipo, ya que es cuando más fácil se pueden realizar las modificaciones.

(ROLSTON, 1991:139-140)

## **3.2 *El ciclo de vida de los Sistemas Expertos***

### **3.2.1 Selección del problema**

La selección del problema, que no es algo sencillo, se descompone en los siguientes pasos, como son:

#### **3.2.1.1 Investigación del problema**

Este paso consiste en obtener una lluvia de ideas de los posibles problemas considerados que se puedan resolver con un SE, esta lluvia de ideas se deberá recibir con un criterio muy liberal, es decir, cualquier idea que se obtenga es buena.

Ya que no podemos descartar prematuramente, hasta la fase siguiente:

#### **3.2.1.2 Selección de Candidatos**

En esta fase se busca reducir la lista anterior de propuestas, es decir, filtrarlas para considerarlas seriamente. Este filtro consiste en una serie de preguntas o criterios que a continuación se enumeran y que se aplican a cada propuesta:

- Requiere de conocimiento experto.
- La pericia es escasa en ese campo (o puede que pronto se torne escasa).
- Hay expertos disponibles para realizar el sistema.
- La solución algorítmica sería difícil de implantar.
- Se requiere de juicio o hay cierto grado de incertidumbre.
- El sistema requiere de habilidades verbales.
- El problema vale la pena resolverlo.
- La solución será útil tanto hoy como dentro de unos años.
- Hay aceptabilidad en cuanto a que el sistema falle algunas veces.
- Hay disponibilidad de tiempo para realizar el sistema.



Sólo las propuestas que cumplen con virtualmente todos los criterios, se consideran como candidatos.

(ROLSTON,1991:140)

### **3.2.1.3 Aplicabilidad del Dominio**

Este paso es un análisis detallado para ver si el dominio de aplicación del SE es apropiado. También aquí se aplican ciertos criterios:

- El sistema demanda razonamiento experto escaso, es decir, hay pocas o relativamente pocas personas con los conocimientos que se introducirían en el sistema.
- Un incremento en el nivel de pericia haría aumentar el desempeño.
- Hay la necesidad de formalizar un conjunto de pasos complicados e informales que lleva a cabo un experto.
- Hay que preservar un conocimiento experto que se pueda perder.
- Se necesita distribuir la pericia hacia otras partes.
- No hay muchos expertos y los que hay se ofrecen continuamente a ayudar a otros.
- Se necesita la colaboración de varias personas para resolver un problema ya que la destreza de una sola tal vez no sería suficiente para resolver un problema.
- Se necesita un gran volumen de información para resolver un problema.
- Los problemas se solucionan usando algún conocimiento simbólico, como son las palabras, y aunque se ocupe realizar cálculos, éstos no son primordiales. Un ejemplo es el de un doctor que le diga a un paciente que hacer, por teléfono en caso de emergencia, cuando no pueda verlo.

- La tarea del sistema debe abarcar conocimiento, y no debe requerir manejo físico, entrada sensorial o sentido común.
- El problema debe ser realmente factible de aplicar, y desarrollado en base a otro problema parecido.

(ROLSTON,1991:140-141)

#### **3.2.1.4 Disponibilidad Experta**

Debe haber un experto disponible para que el proyecto tenga éxito. Es decir, se necesitará de él varias horas diarias para el desarrollo del prototipo y después varias horas a la semana para el resto del proyecto. Este experto nos debe decir como articular los conocimientos y como aplicarlos, además, debe estar dispuesto a proporcionar sus conocimientos, aunque esto es algo difícil. También el Experto debe contar con gran aceptación por parte de los posibles usuarios finales, y se deben consultar los puntos de vista de otros expertos para tener un sistema aceptable al menos por la mayoría de los Expertos.

#### **3.2.1.5 Alcance del problema**

Existe un principio para el desarrollo de SE que dice que debemos escoger un problema que parezca muy pequeño. Esto es porque aunque el sistema sea de un tamaño reducido, requiere gran cantidad de información para dar una respuesta satisfactoria. Ahora un sistema grande, implica un trabajo titánico, por ello se recomiendan los Sistemas Expertos pequeños.

Un SE debe ser capaz de resolver un problema típico en media hora o menos, y debe involucrar el empleo de 50 a 300 porciones de conocimiento, como reglas de nodos de redes. Este número de porciones de conocimiento se puede estimar preguntando al experto cuántos casos debemos considerar y cuánta

información se necesita para resolver cada caso. Como desarrollaremos un prototipo de sistema experto, obviamente las porciones de conocimiento serán bastante menores.

El SE debe tratar con un problema bien definido y un dominio reducido de aplicación, ya que si se trata de abarcar demasiado con el sistema, puede que no funcione adecuadamente para un caso en particular.

La habilidad que sea introducida debe ser tal que pueda utilizarse el SE como enseñanza para principiantes.

Por último, es preferible que el SE funcione de manera independiente, para que sea más fácil de implantar.

#### **3.2.1.6 Análisis Costo - Beneficio**

Como en muchas decisiones empresariales, hay que hacer una comparación entre lo que se va a invertir y lo que se va a obtener, es decir, comparar el costo del desarrollo del sistema y el beneficio esperado, ya sea traducido en clientes adicionales, mayor habilidad por parte de los usuarios y por lo tanto mejor atención, o tener la seguridad de que se tomó una buena decisión, por no mencionar que se conserva la pericia en el sistema.

#### **3.2.2 Construcción de prototipos**

##### **3.2.2.1 Prototipos en General**

El Sistema Experto se realizará como prototipo, y para ello será necesario e importante revisar algunos aspectos en cuanto a los prototipos.

"Los prototipos son una visión preliminar del sistema futuro"(KENDALL & KENDALL, 1997:199)

La elaboración de un prototipo, nos permite tener una visión preliminar de lo que será el sistema final, además de recopilar información de los requerimientos del usuario, es decir, qué es lo que espera que el sistema le brinde, si satisface sus necesidades de información, y cómo espera que el sistema trabaje.

Los prototipos son de extrema importancia para recopilar la siguiente información:

- Sugerencias.- cómo se podría mejorar la interacción usuario-sistema y de esta manera hacer cambios para que se adapte a las necesidades del usuario.
- Innovaciones.- agregar algo nuevo al sistema.
- Planes de revisión.- si el sistema se va a implantar en una empresa con varios departamentos, en esta parte se determinan prioridades para quiénes se elaborara primero el prototipo, esto permite reducir gastos al ver primero las áreas más críticas e importantes, para realizar los cambios fuertes al principio y no al final, cuando representarían costos demasiado elevados.

### 3.2.2.2 Tipos de prototipos

**Prototipo parchado.**- tiene algunas o todas las características del sistema y trabaja, pero de manera ineficiente. Es decir, realiza las principales funciones pero no funciona totalmente. Podría usarse para probar la interactividad del sistema con el usuario.

**Prototipo no operacional.**- este prototipo tiene sólo la o las características que se quieren probar en el sistema en cuanto a diseño, pero no funciona.

**Prototipo primero de una serie o piloto.-** es útil cuando se harán varias instalaciones del mismo sistema. Es completamente operacional, primero se prueba en un lugar y posteriormente, de acuerdo al desempeño, se realizarán los ajustes necesarios o se corregirán problemas, lo que reduce mucho el costo de correcciones al sistema.

**Prototipo de características seleccionadas.-** se incluyen algunas, pero no todas las características esenciales del sistema final; funcionará de manera totalmente eficiente, pero aún así el sistema no está completo.

### 3.2.2.3 Ventajas de los prototipos

- Cambio del sistema en etapas tempranas del desarrollo

Permite que los costos se reduzcan al realizar modificaciones pequeñas y que además no utilizarán demasiadas horas hombre como si se realizaran cambios al sistema completo.

- Desechado de sistemas indeseables

Cuando ha llegado a ser evidente que un sistema no satisface necesidades de los usuarios y no es útil o no cumple con sus objetivos principales. Esto ahorra tiempo y dinero que se gastaría en mayor cantidad que si se desechara un sistema más grande o ya completo.

- Diseño de un sistema para las necesidades y expectativas de los usuarios

Ya que se realizan constantes modificaciones al prototipo al estar en contacto con el usuario, el sistema final resultará totalmente adecuado a sus necesidades, ya que se involucra gracias al prototipo, en toda la fase de desarrollo del sistema.

### **3.2.2.4 El papel del usuario en los prototipos**

Como ya se mencionó, al involucrarse el usuario en el desarrollo del sistema, éste será eficiente y cumplirá con todas las expectativas y objetivos. Existen tres formas en que el usuario puede ayudar en la elaboración del prototipo:

- Experimentando con él.
- Reaccionando ante él.
- Sugerir adiciones o eliminaciones.

Ya que el sistema en cuestión que se elaborará como tema de tesis es un prototipo de un Sistema Experto, todo lo anterior servirá para el desarrollo de dicho prototipo, con todas las ventajas que implica y los lineamientos.

### **3.2.2.5 Prototipos de Sistemas Expertos**

Una vez bien definido el problema y el alcance que tendrá este, se procederá con la creación de un prototipo, que es una representación del diseño final. El autor dice que típicamente son de 5 a 10 casos de prueba y requiere de unas semanas hasta unos meses para completarlo, dependiendo de la dificultad del problema y el alcance que tenga, es entonces cuando vemos que con un prototipo se aprende más acerca del dominio.

Los pasos que se siguen para la preparación de un prototipo son los siguientes:

- Adquisición del conocimiento inicial.
- Aproximación al problema básico.
- Modelo de consulta general.
- Selección del paradigma de inferencia.
- Selección de la representación de conocimientos.

- Selección de herramientas.
- Implantación del prototipo.
- Prueba del prototipo.
- Demostración del prototipo.
- Revisión del proyecto.

(ROLSTON, 1991:144)

Con un prototipo lo que se busca es:

- Entender más profundamente la naturaleza y el alcance del problema, y las técnicas de solución de problemas. Esto quiere decir que nos damos una buena idea de lo que resultará el sistema final, y mediante qué técnicas vamos a desarrollarlo.
- Demostrar si el sistema va a ser funcional o no, es decir, aquí es cuando nos damos cuenta si el sistema va a serle útil al usuario, y si continuamos o no con su desarrollo.
- Probar si el diseño fue el adecuado, aquí es donde vemos si es factible el diseño empleado o hay que cambiarlo.

Para la construcción de un prototipo en su fase inicial, sólo se involucra al Ingeniero en Conocimientos y al Experto del cual se va a obtener la información. El Ingeniero comienza con una investigación a fondo de cualquier aspecto del dominio, ya sea revistas, cintas, videos, libros, etc., cualquier tipo de documentación. Una vez con los conocimientos fundamentales, el Ingeniero se reúne con el experto para retroalimentar sus conocimientos y aclarar dudas, y ver si el Ingeniero tiene una correcta idea del dominio.

Después de este paso, se procede con lo siguiente:

- Desarrollar un enfoque del problema básico.- ésto quiere decir, que una vez entendido lo que implica el problema, se concretiza y se resume para poder resolverlo.
- Realizar el modelo de consulta general.- esto implica la consideración de las preguntas posibles que se le pueden hacer al SE, los tipos de usuarios que se pueden tener y las respuestas que se le van a proporcionar.
- Idear el paradigma de inferencia.- esto significa que vamos a idear la forma de realizar nuestras "consultas" es decir, cómo obtenemos las respuestas de nuestras bases de conocimiento, ésto se realizará por medio de la aplicación de la Memoria Asociativa Bidireccional (BAM).
- Hacer la representación del conocimiento.- ésto es, la manera en que vamos a representar u organizar todos los conocimientos que se incluirán en nuestro SE.

Una de las utilidades de implantar el prototipo, es que se representa el entendimiento de la situación y del problema, aunque sea erróneo, precisamente para criticarlo, y corregirlo si es necesario.

Para probar el prototipo, se le introducirán casos de prueba que serán representativos de los principales casos que se puedan presentar, después de ello, el Ingeniero en conocimientos y el Experto trabajarán juntos para probarlo, validarlo y corregirlo si se requiere. Tal vez con este análisis se pueda desarrollar un mejor paradigma y un cambio en el enunciado del problema, que permita comprenderlo más claramente, y si hubo cambios en estos dos elementos, se vuelve a crear el



prototipo o se reimplanta completamente para reflejar la nueva situación que se generó con la revisión.

Solamente con un prototipo que satisfaga al cien por ciento las expectativas, se podrá proceder con la creación del sistema en sí. Ya a estas alturas el Ingeniero en conocimiento debe tener un alto grado de conocimientos sobre el tema y el Experto también debe tener una clara idea de su papel en la construcción del sistema.

### **3.2.3 Formalización**

Una vez verificado y validado el prototipo, se procede con el desarrollo del sistema final. La formalización es muy importante para el desarrollo de cualquier sistema, porque aquí se capta la comprensión del problema.

Los propósitos principales en esta fase son:

- Captar y plasmar la comprensión que se obtuvo en la fase de elaboración del prototipo.
- Planear antes de comenzar la elaboración del sistema final.
- Registrar las decisiones respecto a las estrategias de implantación.
- Obtener más ideas de otra gente para el sistema.
- Involucrar al usuario en el proyecto, para que de su punto de vista de los puntos de verificación.
- Desarrollar pruebas y soporte de medios a largo plazo.

Entre más grande sea un sistema, mayor formalización debe tener para asegurar su éxito.

### **3.2.3.1 Análisis detallado del problema**

En esta parte se hace una definición funcional, lo más claramente posible, del problema que se va a resolver, los objetivos que se quieren lograr, y las restricciones que limiten el alcance del proyecto y las expectativas del usuario, esto significa que un usuario puede esperar demasiado de un SE, incluso sobrestimar sus capacidades, y lo que se busca es más bien una visión realista por parte del usuario.

### **3.2.3.2 Diseño**

En el diseño tradicional, el software se descompone en instrucciones asignadas para formar módulos, después se especifican las interfaces y se desarrollan estructuras de control, en cambio, el diseño de un SE se enfoca a representar correctamente el conocimiento, el paradigma de inferencia y la arquitectura del sistema, y la descomposición del sistema se lleva a cabo durante la implantación.

Lo que resulta de esta fase, es una descripción completa de cada decisión en cuanto al diseño, es decir, un documento que describe un diseño tentativo para el sistema.

### **3.2.3.3 Planeación del proyecto**

En esta fase se elabora un plan de proyecto que explica los recursos que se necesitarán para el desarrollo del sistema y la manera en que se asignarán, además del tiempo necesario para el desarrollo de cada fase. También se incluyen las tareas que se realizarán, su interdependencia y en su caso, a quién se le asignarán.

### **3.2.3.4 Planeamiento de la prueba**

Aquí se realiza una selección de casos para los cuales se verifica si el problema va a funcionar, se pone a prueba bajo presión, y según se identifiquen

nuevos casos difíciles, se van a asignar a la lista para que el sistema trabaje con ellos.

### **3.2.3.5 Planeación de la presentación inicial del producto**

Aquí se va a realizar un plan de cómo presentar a unos cuantos usuarios allegados el sistema. Es parecido a la prueba del sistema, con la diferencia de que ahora se probará el sistema con casos reales, y el Experto antes habrá verificado las respuestas que produzca el SE. Una vez que el sistema se haya probado y demostrado que tiene cierto nivel de confianza, se procederá a distribuir el sistema como copias Beta. Una vez que se ha probado nuevamente que el sistema es confiable, ya estará listo para distribuirse para uso general.

### **3.2.3.6 Planeación de la evaluación del producto**

En esta fase se describe cómo se va a evaluar el producto durante su uso rutinario. Aquí se pretende determinar la utilidad del sistema, y el beneficio de esta fase es que se obtienen ideas si fuere necesario, para una posible modificación a largo plazo del sistema o de otros futuros sistemas.

### **3.2.3.7 Planeación del soporte**

En la planeación del soporte se establecerá qué tipo de soporte se proporcionará a los usuarios del sistema y los requerimientos para brindarlo. También se especifica cómo se llevará a cabo la administración de la configuración. En esta fase también se realiza una actividad llamada prueba de regresión, que es

una detección de efectos secundarios no intencionados, una vez instalado el programa.

### **3.2.3.8 Planeación de la implantación**

En esta parte el resultado es un documento que describe cómo se va a llevar a cabo el desarrollo del sistema. Una parte de esta fase, por ejemplo, es cómo se van a adquirir los conocimientos.

## **3.2.4 Implantación**

La implantación consta de los siguientes pasos:

### **3.2.4.1 Revisión del prototipo**

La revisión del prototipo se compone de las siguientes actividades:

- Revisar la representación de los conocimientos y de inferencia para dar las respuestas adecuadas.
- Revisar la representación de los objetos que existen en el sistema y sus atributos
- Revisar la partición de la base del conocimiento, con el objeto de hacer más fácil una modificación.

La partición también está involucrada con principios de ingeniería de software, ya que un sistema dividido en varios módulos o partes es una técnica efectiva para enfrentar la complejidad.

Para desarrollar una forma eficiente de partición de una base de conocimientos es necesario considerar los siguientes aspectos de Ingeniería de Software:

Cohesión: es la medida en que los bloques de conocimientos están relacionados entre sí.

Acoplamiento: se refiere al número de conexiones entre los segmentos.

Ahora la pregunta es, ¿Bajo qué criterio debemos segmentar la base de conocimiento? Y la respuesta es, de una manera tal que se maximice la cohesión y se minimice el acoplamiento.

#### **3.2.4.2 Desarrollo de la infraestructura del sistema**

La infraestructura del sistema se refiere al motor de inferencia, la interfaz con el usuario, y otros elementos que se juntan con la base del conocimiento y cualquier software auxiliar que se pueda necesitar.

#### **3.2.4.3 Adquisición de conocimientos esenciales**

Esta parte es un procedimiento que va de la siguiente manera:

1. El Ingeniero en Conocimientos adquiere información del Experto.
2. Posteriormente, ingresa sus conocimientos a la base, de acuerdo al diseño arquitectónico y al plan de partición.
3. El nuevo conocimiento se integra con el antiguo, tratando que no haya redundancia ni se presente regresión, en este caso, la base se modifica y se comienza otro ciclo de prueba.

#### **3.2.4.4 Desarrollo de software auxiliar**

El Software Auxiliar, que puede ser comunicaciones, programas de servicio, conexiones con la base de datos, etc., se desarrolla al mismo tiempo que la infraestructura del sistema y con técnicas tradicionales con el desarrollo de software.

#### **3.2.4.5 Integración y verificación interna**

Una vez terminados todos los componentes, se integran al sistema principal, solucionando los posibles conflictos que puedan surgir entre los módulos.

Posteriormente, el Ingeniero en conocimientos y el Experto lo deben revisar detalladamente, probarlo y concluir que el sistema ya está bien implantado.

### **3.2.5 Evaluación**

Hay un problema con la evaluación de un SE, éste es que para muchos dominios, es imposible que una respuesta sea absolutamente correcta para un problema que se plantee. Y es que aunque se piensa que la respuesta correcta solo la puede dar un experto en la materia, ni siquiera entre expertos coinciden en la respuesta 'correcta' para la pregunta del campo al cual dominan.

### **3.2.6 Evolución a largo Plazo**

Como cualquier Sistema de Software grande, el SE tiene que evolucionar continuamente hasta el fin. Esta evolución se da en varias formas:

- Incremento de la funcionalidad.
- Correcciones, principalmente a la base de conocimientos.
- Aumento del tamaño de la base de conocimientos
- Expansión del dominio.
- Revisiones requeridas por modificaciones externas, por ejemplo, si se modifica el lenguaje en el cual el SE fue creado.

Una gran ventaja de los SE es que su desarrollo impulsa al experto a articular y estructurar sus conocimientos, y así pensar en mejores soluciones. Así, evolucionan el SE y el Experto de la mano.

(ROLSTON, 1991:135-154)

El desarrollo del sistema experto se hará como un prototipo, ya que es un proyecto demasiado grande y que requiere de tal vez varios años de investigación y

desarrollo. Este prototipo de SE requerirá la continua cooperación de un experto humano, y de una constante revisión y modificación.

En el presente capítulo se mostraron todos los pasos a seguir los cuales se aplicarán en la siguiente sección del trabajo de tesis: la parte práctica.

## Capítulo IV

### Parte Práctica

#### 4.1 *Introducción*

A lo largo de la historia la medicina ha sido uno de los grandes pilares de la historia, salvando vidas y mejorando el nivel de vida de las personas. Siempre ha estado en constante evolución, ha llegado a límites no imaginados donde la mayoría de las enfermedades se pueden curar. Pero van surgiendo enfermedades y nuevamente existe la necesidad de estudiarlas a fondo para encontrar su causa y la forma de combatirlas.

La medicina es uno de los campos que más se ha beneficiado de la tecnología con su avance a pasos agigantados desde el siglo XX. La tecnología también ha mejorado nuestro nivel de vida y las expectativas de longevidad. Y no podía mantenerse al margen de la medicina, para en conjunto, atacar los problemas y hacer que la humanidad progrese.

La informática ha incursionado en muchos campos, como ya se mencionó anteriormente, se percibe en cada aspecto de nuestras vidas, en nuestros procesos, en nuestras transacciones, en nuestras profesiones, no hay lugar donde no se pueda aplicar. La medicina se beneficia de la informática en muchos aspectos, en especial se hablará, del tema de estudio.

Un médico, después de haber estudiado tanto, y haber adquirido tanta experiencia a lo largo de su carrera y ejercicio de su profesión, concentra en su mente todos sus conocimientos para aplicarlos a un diagnóstico que lleve a recetar medicamentos para la cura del mal a tratar. Lleva a cabo una metodología:



pregunta los síntomas del paciente, los relaciona, va descartando enfermedades hasta llegar a una serie de posibles diagnósticos, es decir, piensa en la probabilidad de que sea una enfermedad u otras más. Se apoya en sus numerosos libros, revistas y artículos de revistas o de bases de datos para médicos en la gran red de redes: Internet. Es cuando detectamos que los médicos se apoyan cada vez más en los beneficios de la informática. Habrá quienes lleven las bases de datos de sus pacientes en archivos en sus computadoras, impriman sus recetas, consulten sus mismas notas guardadas en sus archivos. Pero, sin embargo, toda esa experiencia y conocimientos se quedan con el médico si deja de ejercer, lo que sería una gran pérdida.

#### **4.2 Areas de oportunidad**

Así es como detectamos

- Conocimientos valiosos acumulados en un experto.
- Posibilidad de olvido de conocimientos.
- Gran cantidad de los mismos imposibles de asimilar por una sola persona.

Se necesita un apoyo que:

- Acumule conocimientos de un experto.
- Haga disponibles los conocimientos sin importar factores personales.
- Sea capaz de guardar características de una enfermedad sin límite de memoria.

Además:

Al presentársele la enfermedad de un paciente a un médico, existe la posibilidad de que olvide algún síntoma peculiar de una enfermedad, por lo cual tal

vez tenga que recurrir a un libro. Esta consulta ocasiona un retardo en el diagnóstico, es decir, hay pérdida de tiempo.

Un síntoma puede ser desde la señal de una enfermedad bastante común, hasta incluso una enfermedad grave. Tal vez el médico al detectar un simple dolor, involuntariamente piense en algo grave si el paciente no sabe expresar su dolor u omite algo, así que se necesita una guía o asistente que le permita ir descartando enfermedades, para apoyarse en sus conocimientos previamente adquiridos.

Tal vez el médico desee transmitir sus conocimientos a otro menos experimentado, o comentar alguna experiencia con él. Se necesitaría en ocasiones recurrir a apuntes, lo cual haría esta transmisión lenta.

Hay casos en que el médico, si es especialista en alguna clase de enfermedades, no esté disponible, estando otro médico en su lugar y un paciente necesite una consulta. Tal vez el médico suplente tenga alguna duda, pero no podrá resolverla porque el experto no está presente.

Un médico, al igual que otro profesionalista, necesita ir acumulando su experiencia en un medio externo para no olvidar lo aprendido.

Existen libros especializados de síntomas y enfermedades, pero su consulta es lenta.

Para compartir conocimientos entre colegas, el tiempo es limitado, y se necesita un intermediario.

No hay forma de aprovechar el conocimiento y experiencia de un médico cuando éste ya no ejerce, ya que se va con él.

### 4.3 *Justificación*

Es cuando surge la necesidad de crear un sistema informático que cubra todas estas necesidades o áreas de oportunidad. Pero no es una sencilla base de datos en la cual se acumule el conocimiento para después beneficiarnos de él. Se necesitan respuestas que nos pueda proporcionar el sistema, lo que implica inteligencia artificial, es decir, que el sistema "razone" y supla al médico en un momento dado cuando se le ha proporcionado al sistema suficiente conocimiento.

Un médico obtiene los síntomas, descarta enfermedades y llega a un posible diagnóstico. Este sistema simulará la forma de pensar del médico, en adelante experto, es decir, hará una serie de consultas con los síntomas que se le proporcione y llegará a un posible resultado, se recalca el posible, porque el sistema experto no es infalible, es mas bien, un apoyo para el diagnóstico.

El desarrollo de un prototipo no operacional de un SE será diferente al de un sistema normal, ya que se trata con problemas que no se entienden bien o no están bien definidos, como es el diagnóstico; se necesita la colaboración continua del experto con quien se va a desarrollar el prototipo, para estar constantemente revisando el desarrollo, y realizando los cambios que se crean pertinentes.

El prototipo cumple con las condiciones necesarias para justificar que es una buena elección de desarrollo, entre algunas razones porque requiere de conocimiento experto, hay un experto disponible, vale la pena resolverlo, tendrá utilidad dentro de algunos años ya que es un prototipo que se puede tomar como base para el desarrollo de un sistema grande, ya que en sí el SE es un gran proyecto por cuestiones de tamaño y de tiempo a resolver.

De acuerdo con el experto a quien se tomará como apoyo, cita unas palabras de un reconocido médico mexicano:

“El diagnóstico es un enanillo travieso y burlón, inquieto, infiel y tornadizo. Se burla en las barbas del académico más pintado, mientras otras se asoma a un majadero. Nadie puede jactarse de haberlo acertado siempre, pero tampoco ninguno puede decir que nunca lo ha encontrado. A veces se le impetra y llora y cruel se nos esconde y otras veces salta ala vista aun antes de haberlo llamado”

Y nos dice estas palabras:

“El conseguir el diagnóstico, pues, es la finalidad del esfuerzo médico como premisa fundamental para, consecuentemente, dar un buen tratamiento. Puede decirse que la inmensa mayoría de los innumerables escritos médicos, tienen como objetivo contribuir con las experiencias ahí vertidas a encontrar el diagnóstico para cada enfermedad. Cada conferencia, curso, taller, entrenamiento en especialidad y, por otra parte, cada gacetilla, revista o grandes tratados, pretenden esta meta.”

Existe la necesidad entonces, de crear un programa que de a cada síntoma su posibilidad de que implique cierta enfermedad, vaya descartando enfermedades y llegue a un posible diagnóstico. Se realizará un prototipo, el cual lógicamente no estará influido por factores emocionales como cansancio, y su respuesta será rápida y con una precisión que estará de acuerdo con los conocimientos que se le hayan proporcionado.

Se tiene el antecedente de programas que apoyan a los médicos en Medicina de Urgencias, en padecimientos críticos, y nace así la necesidad de crear un Sistema Experto en el área de Pediatría.

#### **4.4 Desarrollo del prototipo del Sistema Experto**

Ya se vio en el apartado teórico que el desarrollo del presente Prototipo de SE no será como el de uno tradicional, ya que hay que estarlo revisando y corrigiendo constantemente, porque evolucionan con la ayuda del experto y de la persona que lo desarrollará.

Cabe mencionar que algunas de las fases no se llevarán a cabo tal cual se debe para el desarrollo de un sistema experto, ya que para el desarrollo de un prototipo como el presente no es necesario que se lleven a cabo al pie de la letra todas las etapas.

A continuación veremos el desarrollo del ciclo de vida del sistema experto en la práctica, pero enfocado al prototipo no operacional:

##### **4.4.1 Selección del problema**

###### **4.4.1.1 Investigación del problema**

Observando a tres médicos pediatras durante la consulta, pensaba en cuán interesante debe ser el que una persona acumule tanto conocimiento sobre el cuerpo humano, sus funciones, sus enfermedades y la manera de ser tratadas y curadas. El cerebro de una persona que conoce tanto de la materia acumula un verdadero tesoro, como en las profesiones en general, que debe ser aprovechado para beneficio de todos. Dichos conocimientos se ordenan para diagnosticar de acuerdo a su experiencia, utilizando una metodología general, donde el médico pregunta los síntomas y gracias a sus conocimientos adquiridos, toma una decisión. Pero son demasiados conocimientos, y una gran ayuda para el experto médico como para muchas otras personas es acumularlos para acelerar la adquisición de nuevos

conocimientos y almacenarlos nuevamente, lo que ayudaría a tener todo este conocimiento fijo y disponible para apoyo en futuros diagnósticos.

Este apoyo puede ser utilizado en hospitales y consultorios, por estudiantes, profesores, y profesionistas del área de medicina.

Dichos síntomas se pueden concentrar y relacionar con una enfermedad, y simular la forma en que el experto realiza el diagnóstico.

#### **4.4.1.2 Selección de Candidatos**

El paso de selección de candidatos no se llevó a cabo porque se determinó que el prototipo del SE cumplía con los siguientes requerimientos:

- Necesidad de conocimiento experto.
- Hay expertos disponibles.
- Hay cierto grado de incertidumbre.
- Servirá hoy y dentro de unos años.
- Solo las propuestas que cumplen con virtualmente todos los criterios, se consideran como candidatos.

#### **4.4.1.3 Aplicabilidad del Dominio**

En el caso del prototipo del SE de diagnóstico tiene un dominio de aplicación apropiado, ya que se cuenta con un experto en el área de pediatría quien estará presente en todo el desarrollo. Gracias a él, se va a definir el conjunto de pasos a seguir para el diagnóstico, para después traducirlos al modelo que se va a aplicar: la BAM.

Puesto que el prototipo 'almacena' información (porque sólo se trabajará con cierto número de casos), se preservará el conocimiento que se introduzca en él, mismo que se podrá distribuir o servir de consulta a otros pediatras.

Por lo tanto, deducimos que el prototipo de sistema cuenta con las características para poder afirmar que es factible de desarrollar.

#### **4.4.1.4 Disponibilidad Experta**

Habrá un experto disponible a lo largo de todo el desarrollo del prototipo, por lo cual no habrá problemas. Él nos dirá cómo se deben estructurar los elementos de una enfermedad para formular un diagnóstico, y estará dispuesto a proporcionar sus conocimientos.

#### **4.4.1.5 Alcance del problema**

El problema seleccionado para el desarrollo del prototipo de sistema experto es relativamente reducido: en la medicina los parámetros en que se basa un médico para dar el diagnóstico son demasiados, pero difieren en cada especialidad. En el caso de la pediatría, los síntomas no son los mismos con los que está en contacto un geriatra, o un ginecólogo. Aún así la información es demasiado vasta, sin embargo debido a las limitaciones de tiempo y de personas involucradas en el proyecto, se llevará a cabo, como ya se mencionó, el prototipo.

Para la realización del prototipo, se tomarán en cuenta 26 porciones de conocimiento, que son los síntomas. Desafortunadamente para resolver cada caso es necesario un volumen muy grande de información, y el número de casos a considerar es prácticamente infinito, pero el prototipo, se llevará a cabo con casos de enfermedades comunes.

#### **4.4.1.6 Análisis Costo - Beneficio**

El análisis costo - beneficio es algo que no se llevará a cabo puesto que es tema de tesis y no se comercializará, sin embargo los beneficios que se esperan del prototipo son, entre otros: apoyo al diagnóstico, almacenamiento de información y mejor atención, además de tener este prototipo como base para darnos una idea de la metodología que seguiría el sistema experto si se desarrollara en forma completa.

#### **4.4.2 Construcción de prototipos**

Como los prototipos son una visión preliminar del sistema futuro, el prototipo que se llevará a cabo nos dará una buena idea de la manera en que funcionaría el sistema terminado.

Durante su desarrollo, podremos obtener sugerencias de interacción y necesidades del usuario, en este caso, el experto.

En cuanto a la definición del tipo de prototipo que se realizará, es el prototipo no operacional, ya que incluye solamente la o las características que se quieren probar en cuanto a diseño, pero no funciona, servirá únicamente para sentar las bases para el futuro desarrollo de un sistema experto.

Nos dará la suficiente idea de cómo interactuaría con el experto médico en cuanto a introducción de conocimientos y consulta de los síntomas que presenta y cuáles y la forma en que presentaría las posibles respuestas

El prototipo se estará revisando en cuanto a su presentación e interacción con el usuario, buscando ser de una manera sencilla. Además recoger sugerencias, se realizarán las modificaciones que se consideren pertinentes.



#### 4.4.2.1 Prototipos de Sistemas Expertos

Para realizar el prototipo de sistema experto se tomarán en cuenta 5 casos de prueba para probar el algoritmo, éstos se seleccionarán de acuerdo a algunas enfermedades comunes y que cumplan con ciertas características requeridas para demostrar la funcionalidad del algoritmo seleccionado, pero éste no se realizará en programación porque es un prototipo no operacional.

En cambio, el funcionamiento se demostrará a lo largo de esta parte práctica, donde se desarrollará y demostrará el funcionamiento de la BAM.

#### 4.4.2.2 Pasos para la creación de un prototipo

Adquisición del conocimiento inicial.- una enfermedad tiene varios síntomas, y un síntoma puede ser la causa de varias enfermedades. La enfermedad es tal de acuerdo a los síntomas que reúne. Conforme se tienen, se van reduciendo las posibilidades de que sea otra enfermedad.

Aproximación al problema básico.- por lo anterior, hay que definir bien qué síntomas son la causa de una enfermedad y hay que delimitarlos bien, para tomarlos como base para seguir paso a paso el funcionamiento de la BAM.

Modelo de consulta general.- el usuario proporcionará los síntomas y el prototipo dirá, de acuerdo con su previa alimentación de datos, cuál es la enfermedad más probable de que se trate, descartando, paso a paso, de acuerdo a los cálculos, y llegando al resultado más probable.

Selección del paradigma de inferencia.- el paradigma de inferencia seleccionado es la Memoria asociativa bidireccional (BAM), por diferentes razones, en primer lugar porque el algoritmo es una buena simulación de cómo funciona el cerebro, otra razón

es que también las computadoras utilizan la memoria asociativa. Los sistemas con IA son relativamente novedosos y constantemente se busca mejorarlos para facilitar las tareas del ser humano. Además la BAM utiliza un algoritmo gracias al cual, si se tiene una desviación a la base de conocimientos, como si buscamos el apellido Pérez pero por error, introducimos el apellido Pérec, la Memoria Asociativa bidireccional corregirá automáticamente este error y así finalizará con éxito la búsqueda, teniendo como resultado los datos encontrados con Pérez. En la memoria asociativa bidireccional se consideran los conocimientos en matrices y de acuerdo a ciertas operaciones se llega a la conclusión del parámetro, en este caso, la enfermedad más parecida con esos síntomas.

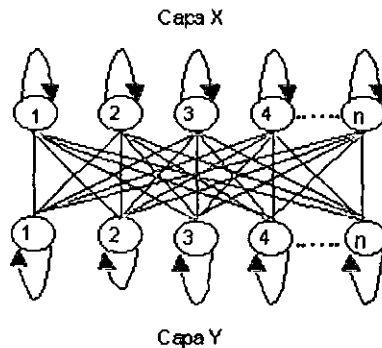


Figura 3: Arquitectura de la BAM

Fuente: Freeman/Skapura

La BAM consta de dos capas de elementos que están completamente interconectados entre capas, y las unidades pueden o no tener conexión de alimentación consigo mismas.

Selección de la representación de conocimientos.- la representación de los conocimientos o síntomas se realizará en vectores donde un vector X será el

conjunto de síntomas, y en cada celda del vector estará contenido un síntoma, y otro vector, denominado Y, tendrá en sus celdas los datos necesarios para identificar la enfermedad, siendo este vector Y único al igual que cada vector X. Así, por cada enfermedad tendremos 2 vectores: la enfermedad y los síntomas.

Selección de herramientas.- la herramienta seleccionada para realizar el prototipo no operacional es el lenguaje Visual Basic, debido a su amigable y familiar interfase en Windows con el usuario, lo que proporciona una buena idea de cómo funcionaría un sistema con el algoritmo seleccionado.

Implantación del prototipo.-La implantación no se realizará como tal, sino que se harán pruebas del algoritmo en el consultorio del Experto quien aportó sus conocimientos; debido a que no se desarrollará sistema, todos los pasos para el desarrollo se llevarán a cabo con el prototipo no operacional.

#### 4.4.3 Formalización

La formalización es importante, porque en esta parte se comprende el problema.

En general, la metodología a seguir para realizar el diagnóstico, es la siguiente:

Se van preguntando los síntomas, a causa de los cuales se tiene una serie de enfermedades posibles. Conforme más síntomas se tienen, se van reduciendo las posibilidades de una enfermedad hasta llegar a un diagnóstico aproximado.

Por ejemplo, la fiebre puede ser el síntoma de muchas enfermedades, pero si va acompañada de otros síntomas, entonces se reducen las posibilidades, hasta llegar a la conclusión de que se trata de cierta enfermedad.

Para el prototipo del sistema experto, los síntomas se expresarán en la BAM de la cual se habló anteriormente por medio de vectores: los que contienen la información de alimentación (ideales) que son X y Y, y el vector X (de suceso) que contiene los síntomas de la enfermedad que se desea identificar.

Vectores de alimentación (ideales) donde se tienen varios pares

X1 Padecimientos de la enfermedad con sus características ideales

Síntoma 1	Síntoma 2	Síntoma3	Síntoma 4	Síntoma n
-----------	-----------	----------	-----------	-----------

Y1 Nombre de la enfermedad

Identificadores		
-----------------	--	--

X0: Padecimientos proporcionados por el paciente

Síntoma 1	Síntoma2	Síntoma3	Síntoma 4	Síntoma n
-----------	----------	----------	-----------	-----------

Se aplicará el procedimiento de la BAM y se llegará a un diagnóstico de la enfermedad que más se aproxime con los síntomas dados.

#### 4.4.3.1 Análisis detallado del problema

Ya se mencionó anteriormente que las enfermedades tienen una serie de síntomas que las acompañan. Dichos síntomas se pondrán en un vector de síntomas para una enfermedad.

Entonces cuando el usuario quiera realizar una consulta, seleccionará los síntomas que presenta la enfermedad que quiere identificar, entonces de acuerdo al algoritmo, se realizarán una serie de cálculos y de acuerdo con la enfermedad que más se aproxime, dará su respuesta al usuario, por medio del algoritmo.

Lo que se quiere lograr con el prototipo es sentar las bases del desarrollo de un sistema experto por medio de este prototipo, mismo que se pudiera ampliar en proyectos más grandes. No funcionará como sistema, únicamente tendrá las características seleccionadas en cuanto a diseño. Para efectos de la demostración del algoritmo de las BAM, solamente considerará unas cuantas enfermedades, lo que da lugar a que sirva como prueba de lo que sería el Sistema Experto completo.

#### 4.4.3.2 Diseño

El diseño de un SE se enfoca a representar correctamente el conocimiento, el paradigma de inferencia y la arquitectura del sistema, y la descomposición del sistema se lleva a cabo durante la implantación.

Lo que resulta de esta fase, es una descripción completa de cada decisión en cuanto al diseño, es decir, un documento que describe un diseño tentativo para el sistema.

Las enfermedades que se manejan, con sus síntomas, son las siguientes:

<b>Apendicitis</b>	Constipación Dolor abdominal Fiebre Iritación Peritoneal Náuseas Sig.apend. positivos Tacto Vómitos
--------------------	--

<b>Gastroenteritis</b>	Diarrea Dolor abdominal Hiporexia Náuseas Palidez generalizada Piel seca Vómitos
------------------------	--

<b>Leucemia</b>	Esplenomegalia Fiebre Hepatomegalia Hiporexia Nódulos cutáneos Palidez generalizada Petequias
-----------------	---

<b>Neurodermatitis</b>	Estrías Exantema Liqueinificación Nerviosismo Piel seca Prurito constante
------------------------	--

<b>Sarampión</b>	Conjuntivitis Diarrea Exantema Fiebre prolongada Lengua en fresa Neumonía Otitis media Rinofaringitis
------------------	--

Los síntomas manejados de la suma de cada enfermedad son los siguientes:

1. Conjuntivitis
2. Constipación abdominal (Estreñimiento)

3. Diarrea
4. Dolor abdominal
5. Esplenomegalia (Agrandamiento del bazo)
6. Estrías
7. Exantema (Erupción de la piel)
8. Fiebre
9. Hepatomegalia (Agrandamiento del hígado)
10. Hiporexia (Poco apetito)
11. Irritación Peritoneal (Irritación del peritoneo)
12. Lengua en fresa (Lengua roja)
13. Liqueinificación (Ponerse blanco por hongos)
14. Náuseas
15. Nerviosismo
16. Neumonía
17. Nódulos cutáneos (Granos de la piel)
18. Otitis media
19. Palidez generalizada
20. Petequias (Manchas rojas por derrame)
21. Piel seca
22. Prurito constante (Comezón)
23. Rinofaringitis
24. Signos apendiculares positivos (Signos positivos de apendicitis)
25. Tacto físico positivo
26. Vómitos

Tomemos los 26 síntomas que se mencionaron anteriormente, para efectos de la BAM. Entonces, se crearán dos vectores para cada enfermedad, uno de 5 elementos para identificar a la enfermedad con uno(1) y menos uno(-1), que pueden ser definidos con los criterios deseados

1	2	3	4	5

Y otro de 26 elementos, donde se pondrán los síntomas de la enfermedad, introduciendo en la casilla un uno si la enfermedad tiene dicho síntoma y un menos uno si no lo tiene.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	

Cada casilla por su número corresponde a un síntoma. Por ejemplo, la casilla 1 corresponde al síntoma cefalea, la casilla 2 a las náuseas, y así sucesivamente.

Ejemplifiquemos la matriz de la enfermedad **GASTROENTERITIS**, cuyos síntomas son

- Diarrea
- Dolor abdominal
- Hiporexia
- Náuseas
- Palidez generalizada
- Vómitos



Quedaría de esta manera:

Matriz Y

1	2	3	4	5
-1	1	-1	-1	-1

Matriz X

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1

Y ya tendríamos los vectores X y Y de la enfermedad Gastroenteritis.

Para el algoritmo del prototipo se tomarán cinco enfermedades como casos de prueba, y cada una tendrá sus dos vectores como los anteriores:

Tenemos en la figura 4 la pantalla propuesta para el prototipo no operacional:

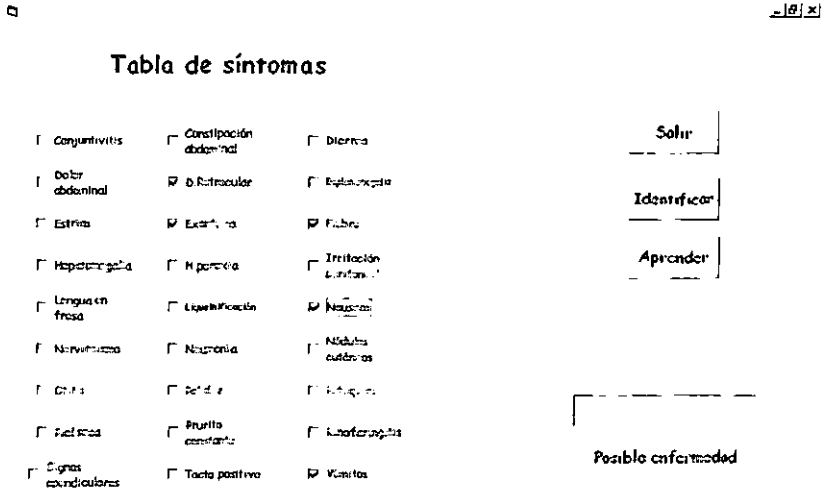


Figura 4: Pantalla propuesta para el prototipo no operacional

En donde se observa cada uno de los síntomas de las enfermedades contenidas para prueba del prototipo.

Cuando el usuario desee seleccionar un síntoma, sólo tendrá que hacer un click en la casilla correspondiente, como en la figura 5:



Figura 5: Casilla de Verificación

Y entonces ya estará seleccionado el conjunto de síntomas a identificar.

Una vez seleccionados todos los síntomas, se procederá a hacer click en un botón como la figura 6:

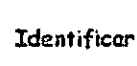


Figura 6: Botón

y es entonces cuando se comenzará el procedimiento del algoritmo de la BAM, para finalmente tener como resultado la enfermedad más posible, como se ve en la figura 7:

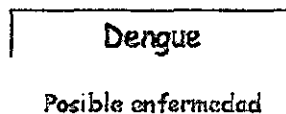


Figura 7: Posible enfermedad

El resultado que tendremos no es definitivo, y dependerá de la información con que hayamos alimentado a nuestro prototipo, por ejemplo, en el caso de que nos llegara una enfermedad desconocida para el sistema, buscará identificar los síntomas de acuerdo a su capacidad y la identificará según la enfermedad a la que más se le parezca.

Los colores seleccionados, como son durazno en combinación con el gris y con el negro, son agradables a la vista y no son cansados para estar trabajando con el sistema.

La letra utilizada para realizar la pantalla del prototipo no operacional es la Comic Sans MS, que aunque no es muy formal, da un toque amistoso al prototipo.

Los botones y los elementos Check list son de tamaño uniforme para dar consistencia en la pantalla.

En sí el prototipo no operacional es muy sencillo en cuanto a su presentación de pantalla; a continuación veremos el funcionamiento del algoritmo de la BAM para el prototipo.

#### **4.4.3.3 Planeamiento de la prueba**

**El prototipo se probará con cinco casos que son:**

- Apendicitis
- Gastroenteritis
- Leucemia
- Neurodermatitis
- Sarampión

Donde se comprobará la efectividad del algoritmo planteado, que es la Memoria Asociativa Bidireccional (BAM).

Se probará su funcionamiento según el sistema mencionado por los autores del libro de Redes Neuronales de James Freeman y David Skapura, donde se demuestra el funcionamiento de la BAM.

Con los vectores que se tienen a continuación se adquirirá el conocimiento para

la BAM:

### Vectores ideales para realizar la Memoria Asociativa Bidireccional

Apendicitis

1	2	3	4	5
1	-1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1

Gastroenteritis

1	2	3	4	5
-1	1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1

Leucemia

1	2	3	4	5
-1	-1	1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1

Neurodermatitis

1	2	3	4	5
-1	-1	-1	1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1

## Sarampión

1	2	3	4	5
-1	-1	-1	-1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1

Con estos dos vectores por cada enfermedad, se realiza la matriz de pesos denominada  $W$ , con la fórmula

$$W=Y_1X_1+Y_2X_2+Y_3X_3+. . . Y_nX_n$$

En el proceso de la BAM, los valores mayores que 0 tomarán el valor de 1, los iguales a 0, se dejarán con el valor que tenían anteriormente, y los valores menores que 0, tomarán el valor de  $-1$ .

La fórmula se desarrollaría de la siguiente manera:

Se multiplica la primer casilla de  $Y_1$  por la primer casilla de  $X_1$

## Apendicitis

$$Y_1 \cdot X_1$$

1	2	3	4	5
1	-1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1

Y el resultado de esta multiplicación, que es  $-1$ , se suma con la multiplicación de la primer casilla de  $Y_2$  por la primer casilla de  $X_2$

**Gastroenteritis**

$Y_2 \cdot X_2$

1	2	3	4	5
-1	1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1

Y el resultado de esta multiplicación, que es  $-1$ , mas la suma de lo anterior, dan como resultado  $-2$ , que se suma con la multiplicación de la primer casilla de  $Y_3$  por la primer casilla de  $X_3$

**Leucemia**

$Y_3 \cdot X_3$

1	2	3	4	5
-1	-1	1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Y el resultado de esta multiplicación, que es  $1$ , mas la suma de lo anterior, dan como resultado  $-1$ , que se suma con la multiplicación de la primer casilla de  $Y_4$  por la primer casilla de  $X_4$

**Neurodermatitis**

$Y_4 \cdot X_4$

1	2	3	4	5
-1	-1	-1	1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1

El resultado de esta multiplicación, que es 1, mas la suma de lo anterior, dan como resultado 0, que se suma con la multiplicación de la primer casilla de  $Y_5$  por la primer casilla de  $X_5$

Sarampión

$Y_5 \cdot X_5$

1	2	3	4	5
-1	-1	-1	-1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1

Y el resultado de esta multiplicación, que es -1, mas la suma de lo anterior, dan como resultado -1, ya que la suma anterior era 0, que se observará en la matriz de pesos  $W$ .

<b>W</b>																										
1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3	
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	1	-1

Posteriormente se multiplica la casilla uno de la matriz  $Y_1$  por la casilla dos de la matriz  $X_1$ .

Apendicitis

$Y_1 \cdot X_1$

1	2	3	4	5
1	-1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1

Y el resultado de esta multiplicación, que es 1, se suma con la multiplicación de la primer casilla de  $Y_2$  por la primer casilla de  $X_2$

Gastroenteritis

$Y_2 \cdot X_2$

1	2	3	4	5
-1	1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1

Y así sucesivamente hasta tener la suma de las cinco multiplicaciones, que llegan a formar la siguiente cifra de la matriz de pesos  $W$

$W$
-----

{	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">1</td><td>5</td><td>-1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>5</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>5</td><td>5</td><td>3</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">1</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>-3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">1</td><td>1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>5</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">1</td><td>1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>1</td><td>5</td><td>3</td><td>-3</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>5</td><td>-1</td><td>5</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>3</td><td>5</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">5</td><td>1</td><td>3</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>5</td><td>-1</td><td>1</td><td>-1</td><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>1</td><td>-1</td> </tr> </table>	1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3	1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1	5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1
1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3																																																																																																										
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3																																																																																																										
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1																																																																																																										
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1																																																																																																										
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1																																																																																																										

Hay que hacer la observación de que las multiplicaciones se van realizando en correspondencia de la matriz de pesos  $W$ , es decir, para la primer fila de la matriz  $W$ , se multiplican las casillas 1 de la matriz  $Y$  y de la matriz  $X$ , y conforme se avance, se continúa con la casilla 2 de la matriz  $X$ , hasta llegar a la casilla 26, que dan como resultados los elementos de la primer fila de la matriz  $W$ .



Para formar la segunda fila de la matriz W, se continuará multiplicando la casilla 2 de la matriz Y por la primera hasta la última casilla de la matriz X, como se verá a continuación:

Apendicitis

$Y_1 \cdot X_1$

1	2	3	4	5
1	-1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1

Y el resultado de esta multiplicación, que es 1, se suma con la multiplicación de la primer casilla de  $Y_2$  por la primer casilla de  $X_2$

Gastroenteritis

$Y_2 \cdot X_2$

1	2	3	4	5
-1	1	-1	-1	-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Con esta matriz de pesos, es como vamos a realizar el algoritmo de la BAM, y ésta es sólo la primer parte, la siguiente es cuando resolvemos cuál enfermedad de

las que tenemos como alimentación inicial, en es la que más se aproxima a la que tiene nuestro paciente, y se verá a continuación.

**Primer prueba: Identificación de una enfermedad**

*Paso 1: aplicación de un vector inicial (para tratar de identificarlo)*

Supongamos que llega un paciente al consultorio del experto pediatra, y que presenta los síntomas de una enfermedad, y no sabemos de cuál se trata. Entonces, empezamos a poner los síntomas en una matriz, de acuerdo a como se estableció anteriormente:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1

En la matriz anterior se establece que el paciente tiene los síntomas de

Constipación

Dolor abdominal

Fiebre

Irritación peritoneal

Náuseas

Signos apendiculares positivos

Tacto positivo

Vómitos

Una vez que tenemos la matriz de pesos  $W$ , procedemos a realizar las siguientes operaciones:

*Paso 2: propagación de la capa X a la capa Y (obtenemos el vector de identificación)*

Multiplicamos el vector con la enfermedad que se desea identificar, por la primer fila de la matriz  $W$ :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1

											W															
{	1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
	1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
	1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
	1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
	5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Es decir, la casilla uno por la casilla uno de la otra matriz, cuyos resultados se van colocando a la vez dentro de otra matriz:

-1	5	1	3	-1	-1	1	1	-1	1	5	-1	-1	3	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	5	5	3
----	---	---	---	----	----	---	---	----	---	---	----	----	---	----	----	----	----	---	----	---	----	----	---	---	---

Entonces, se suman todas las cifras de la fila, dando como resultado el número 20, el cual es positivo.

Enseguida, se multiplican el vector de la enfermedad por la segunda fila de la matriz

W:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1

											W															
{	1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
	1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
	1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
	1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
	5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Dando como resultado el vector siguiente:

-1	1	-3	3	-1	-1	1	-3	-1	-3	1	-1	-1	3	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	1	1	3
----	---	----	---	----	----	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---

De la cual se suman todos los números resultando la suma el número -16, que es negativo.

Se realiza esta misma operación con cada una de las filas de la matriz W y con la de la enfermedad que se desea identificar, y finalmente nos da como resultado una matriz que contiene los pesos netos de Y, que presentamos a continuación:

-1	5	1	3	-1	-1	1	1	-1	1	5	-1	-1	3	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	5	5	3
-1	1	-3	3	-1	-1	1	-3	-1	-3	1	-1	-1	3	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	1	1	3
-1	1	1	-1	-5	-1	1	1	-5	-3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-5	-1	-3	-5	1	-1	-1	1	1	-1
-1	1	1	-1	-1	-5	-3	-3	-1	1	1	-1	-5	-1	-5	-1	-1	-1	1	-1	-3	-5	-1	1	1	-1
-5	1	-3	-1	-1	-1	-3	1	-1	1	1	-5	-1	-1	-1	-5	-1	-5	1	-1	1	-1	-5	1	1	-1

Y la suma de cada una de las filas nos da un vector de números como el siguiente:

22
-14
-30
-34
-34

Entonces, cada uno de los números negativos se cambia por un menos uno (-1) y los números positivos por un número uno (1), de tal forma que se transforma en un vector de identificación:

1
-1
-1
-1
-1

Transponiendo este vector, es decir, poniéndolo en posición horizontal, nos queda de la siguiente forma:

1	-1	-1	-1	-1
---	----	----	----	----

Dicho vector, si se observa, contiene exactamente los mismos valores que los del vector Y1 correspondiente a la enfermedad apendicitis, con lo cual, deducimos por el momento que el paciente pueda tener apendicitis.

*Paso 3: propagación de la capa Y a la capa X (identificamos los síntomas)*

Posteriormente se toma el vector de identificación, y multiplicamos sus valores por cada columna de la matriz W, es decir

W
---

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Los valores de la primer columna de W por los valores del vector Y

1
-1
-1
-1
-1

La primer celda de W se multiplica por la primera Y, y la segunda celda de W por la segunda celda de Y, y así sucesivamente, lo que nos va dando otra vector que formará parte de lo que será una nueva matriz que tendrá los pesos netos de X. Por lo pronto los resultados de las multiplicaciones anteriores se tienen en el siguiente vector:

1
-1
-1
-1
-5

Teniendo esta matriz seguimos con la segunda columna de W por la misma S:

W

1 5 -1 3 1 1 -1 1 1 -1 5 1 1 3 1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 5 5 3  
 1 1 3 3 1 1 -1 -3 1 3 1 1 1 3 1 1 1 1 3 1 3 1 1 1 1 3  
 1 1 -1 -1 5 1 -1 1 5 3 1 1 1 -1 1 1 5 1 3 5 -1 1 1 1 1 -1  
 1 1 -1 -1 1 5 3 -3 1 -1 1 1 5 -1 5 1 1 1 -1 1 3 5 1 1 1 -1  
 5 1 3 -1 1 1 3 1 1 -1 1 5 1 -1 1 5 1 5 -1 1 -1 1 5 1 1 -1

1  
-1  
-1  
-1  
-1

Y así sucesivamente con todas las columnas de W formando la siguiente matriz de pesos netos de X:

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
-1	-1	-3	-3	-1	-1	1	3	-1	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-3
-1	-1	1	1	-5	-1	1	-1	-5	-3	-1	-1	-1	1	-1	-1	-5	-1	-3	-5	1	-1	-1	-1	-1	1
-5	-1	-3	1	-1	-1	-3	-1	-1	1	-1	-5	-1	1	-1	-5	-1	-5	1	-1	1	-1	-5	-1	-1	1

Y se suman los valores de cada una de las columnas, por ejemplo, la suma de la primer columna (1,-1,-1,-1,-5) nos da como resultado el número -7, que es negativo, y la suma de la segunda columna (5,-1,-1,-1,-1) nos da un 1 que es positivo.

Realizando todas las sumas nos queda un vector como el siguiente:

-7 1 -5 3 -7 -7 -5 5 -7 -5 1 -7 -7 3 -7 -7 -7 -7 -5 -7 -5 -7 -7 1 1 3

Y cambiando los signos positivos por el número 1 y los negativos por el -1, el vector nos queda de la siguiente manera:

-1 1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1

El cual es idéntico a los síntomas de la enfermedad apendicitis, por lo cual, concluimos que se trata de un caso de apendicitis.

Como se identificó la enfermedad en los primeros 3 pasos, no será necesaria una nueva propagación entre las capas X y Y.

En el siguiente cuadro tenemos un resumen de los resultados de ésta prueba:

Síntomas presentados	Síntomas Coincidentes	Síntomas no Coincidentes	Enfermedad identificada	Resultados
Constipación Dolor abdominal Fiebre Irit. Peritoneal Náuseas S.Ap.Positivos Tacto positivo	Constipación Dolor abdominal Fiebre Irit. Peritoneal Náuseas S.Ap.Positivos Tacto positivo		Apendicitis	Prueba Exitosa

#### 4.4.3.4 Planeación de la presentación inicial del producto

En esta fase se realizan pruebas con un caso real, para que el experto pediatra verifique las respuestas que arroja nuestro prototipo con el algoritmo implantado. El caso se presentó en la vida real: sarampión.

#### Segunda Prueba: un caso real

Un paciente llegó al consultorio del pediatra. Enseguida, se le preguntó al paciente y a su acompañante, los síntomas presentados. Hablemos en presente: de antemano sabemos que el caso que se presenta se trata de sarampión, pero el paciente puede confundir sus síntomas, es decir, hay que tomarlos en cuenta pero tal vez esté nervioso por otras causas y tenga náuseas por alguna otra razón como haber comido de más. También la piel seca se deba a muy diversas causas. Ahora probaremos cómo funciona la BAM y cómo corrige las desviaciones, es decir,

descarta los síntomas que no son representativos teniendo los demás que sí pertenecen a la enfermedad. Teniendo los síntomas, se listan a continuación:

\*Conjuntivitis

\*Diarrea

\*Exantema

\*Fiebre prolongada

Náuseas

Nerviosismo

\*Neumonía

Piel seca

\*Rinofaringitis

Entonces, se procederá a colocar los síntomas en un vector de 26 elementos, de acuerdo a lo establecido, es decir, si el síntoma se presenta, será un 1 y si no se presenta, será un  $-1$ .

El resultado de colocar los síntomas en el vector, nos da lo siguiente:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1

Una vez teniendo la matriz  $W$  que se utilizará con los 5 casos y cuyos valores no cambiarán, continuaremos con los procedimientos realizados antes para probar el identificar la enfermedad Apendicitis, ahora paso por paso.

Multiplicamos nuestro vector por los valores de la primer fila de la matriz  $W$ , es decir, la primer casilla del vector por la primer casilla de la primer fila de la matriz, y el resultado se coloca en otro vector:



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1



W

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

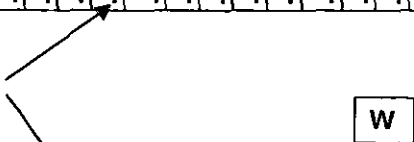
Y nos dará como resultado el vector siguiente:

1	-5	-1	-3	-1	-1	-1	1	-1	1	-5	-1	-1	3	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-5	-5	-3
---	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	---	---	---	----	----	---	----	----	----	---	----	----	----

Se suman todas las cifras del vector (1,-5,-1,-3,-1,-1,-1,1,-1,1,-5,-1,-1,3,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-5,-5,-3) y el resultado es el número -28 que es un número negativo.

Multiplicación de la siguiente fila:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1



W

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Vector resultante:

1	-1	3	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	-1	3	1	1	-1	-1	-3	-1	3	-1	1	-1	-1	-3
---	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----

La suma del vector es: -16 que es número negativo, que se cambia por un -1

Multiplicación de la tercer fila:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1

W

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Resultado:

1	-1	-1	1	-5	-1	-1	1	-5	-3	-1	-1	-1	-1	1	1	-5	-1	-3	-5	-1	-1	1	-1	-1	1
---	----	----	---	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	---	----	----	---

La suma del vector anterior es igual a -32, que se cambiará por un -1

Multiplicación de la cuarta fila:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1

W

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Vector resultante:

1	-1	-1	1	-1	-5	3	-3	-1	1	-1	-1	-5	-1	5	1	-1	-1	1	-1	3	-5	1	-1	-1	1
---	----	----	---	----	----	---	----	----	---	----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	---	----	---	----	----	---

La suma es  $-12$ , que equivale para el algoritmo a un  $-1$ .

Multiplicación de la quinta fila:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1

W

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Vector resultante:

5	-1	3	1	-1	-1	3	1	-1	1	-1	-5	-1	-1	1	5	-1	-5	1	-1	-1	-1	5	-1	-1	1
---	----	---	---	----	----	---	---	----	---	----	----	----	----	---	---	----	----	---	----	----	----	---	----	----	---

La suma del vector anterior equivale a un  $4$ , que se cambia por un  $1$  porque es positivo.

Con todos los vectores resultantes se forma la matriz de pesos netos de Y:

1	-5	-1	-3	-1	-1	-1	1	-1	1	-5	-1	-1	3	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-5	-5	-3
1	-1	3	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	-1	3	1	1	-1	-1	-3	-1	3	-1	1	-1	-1	-3
1	-1	-1	1	-5	-1	-1	1	-5	-3	-1	-1	-1	-1	1	1	-5	-1	-3	-5	-1	-1	1	-1	-1	1
1	-1	-1	1	-1	-5	3	-3	-1	1	-1	-1	-5	-1	5	1	-1	-1	1	-1	3	-5	1	-1	-1	1
5	-1	3	1	-1	-1	3	1	-1	1	-1	-5	-1	-1	1	5	-1	-5	1	-1	-1	-1	5	-1	-1	1

Juntando los resultados de cada una de las filas, tenemos el vector Y:

-28
-16
-32
-12
4

Cambiando los números negativos por un  $-1$  y los positivos por un  $1$ , como habíamos hecho antes, nos queda el vector:

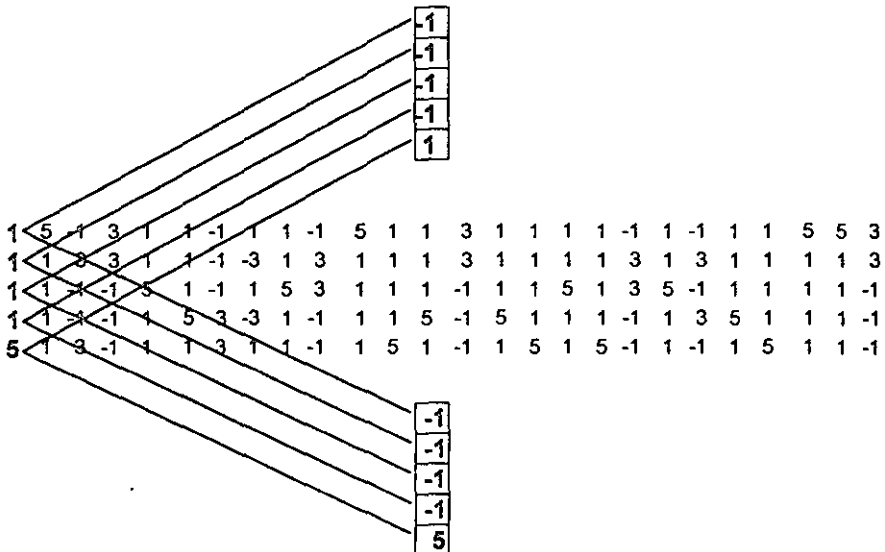
-1
-1
-1
-1
1

Se transpone el vector, es decir, se pone en posición horizontal, y nos queda de la siguiente forma:

-1	-1	-1	-1	1
----	----	----	----	---

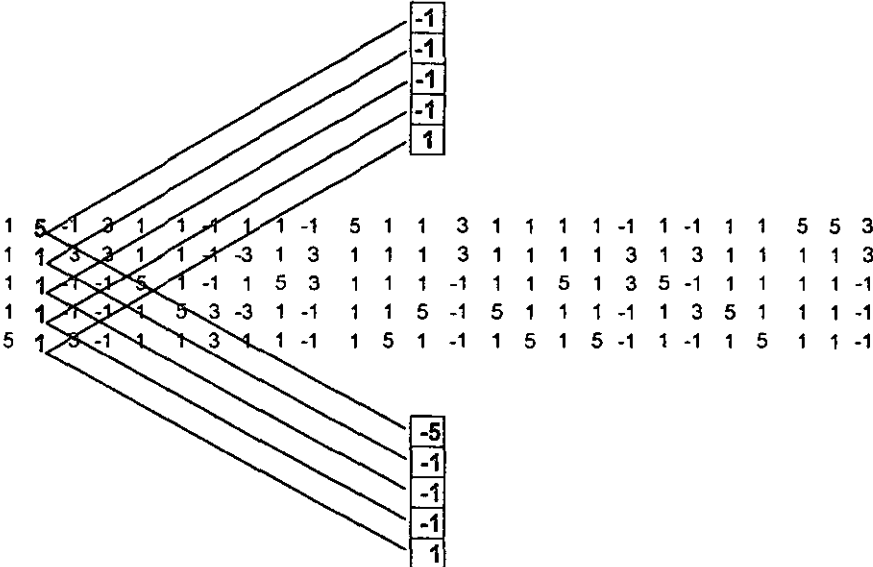
Observe que este vector Y, contiene los mismos valores que los de la matriz Y1 correspondiente a la enfermedad Sarampión, así que por lo pronto, pensemos que se trata de Sarampión. Pero hace falta retroalimentar la capa Y (vector Y) a la capa X para obtener finalmente la enfermedad de que se trata.

Se toma el vector Y, y multiplicamos sus valores por cada columna de la matriz W, es decir, los valores de la primer columna de W por los valores de Y



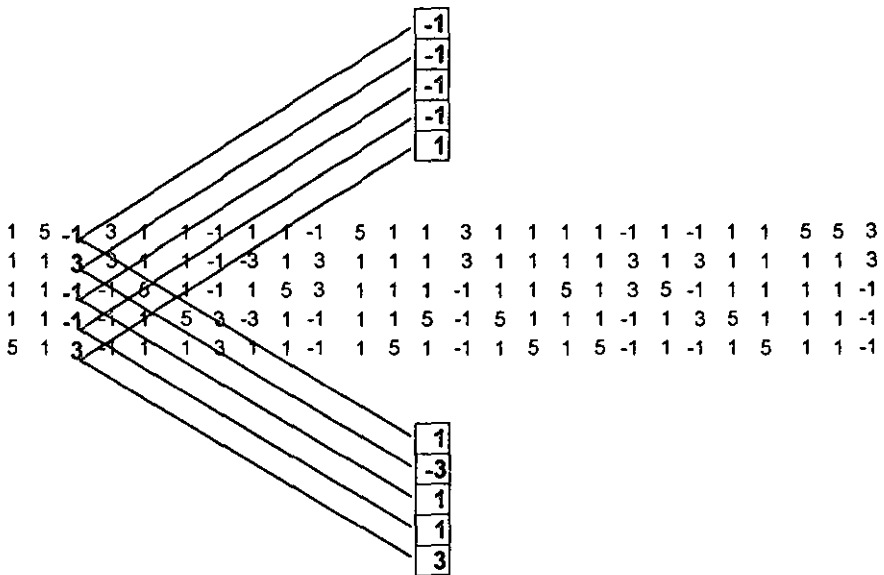
La primer celda de W se multiplica por la primera de Y, y la segunda celda de W por la segunda celda de Y, se colocan los valores resultantes en un vector que será parte de una matriz de pesos de X, y la suma del vector es un 1.

Se realiza el mismo paso con la segunda columna de W:



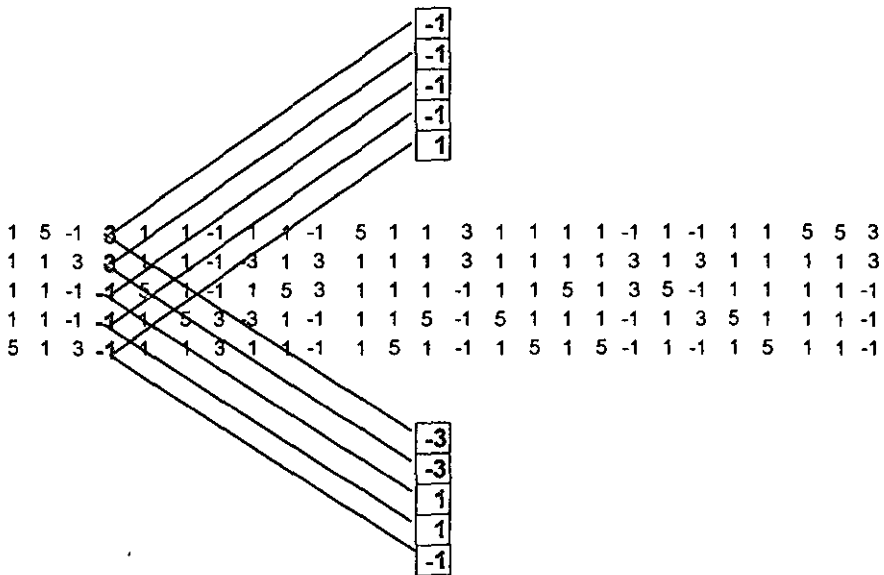
Se suman los valores del último vector resultante, siendo la suma un -7, que equivale a un -1.

Multiplicación de la tercer columna de W



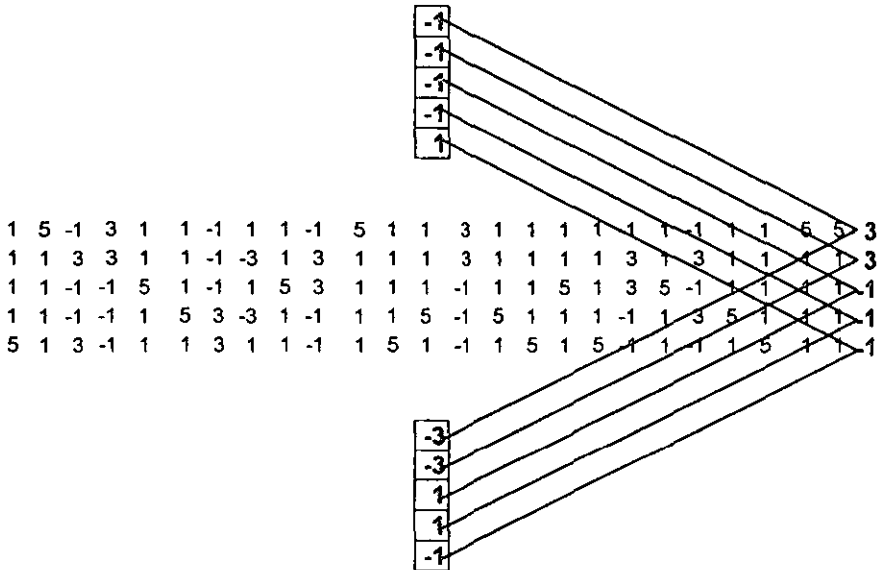
La suma del vector es un 3 que equivale a un 1.

Multiplicación de la cuarta columna de W:



El resultado de sumar el vector anterior es el número  $-5$ , que se tomará como un  $-1$ .

Para no hacer tedioso el procedimiento, ya que se repite con las 27 columnas de la matriz de pesos  $W$ , continuemos con la última columna:



El resultado de sumar las cifras del último vector nos da un  $-5$ , que cambiaremos por un  $-1$

La matriz de pesos netos de  $X$  queda de la siguiente manera:

-1	-5	1	-3	-1	-1	1	-1	-1	1	-5	-1	-1	-3	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-5	-5	-3	
-1	-1	-3	-3	-1	-1	1	3	-1	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-3
-1	-1	1	1	-5	-1	1	-1	-5	-3	-1	-1	-1	1	-1	-1	-5	-1	-3	-5	1	-1	-1	-1	-1	1	
-1	-1	1	1	-1	-5	-3	3	-1	1	-1	-1	-5	1	-5	-1	-1	-1	1	-1	-3	-5	-1	-1	-1	1	
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1	

Las suma de los valores de cada una de las columnas se resume en el siguiente vector:

1	-7	3	-5	-7	-7	3	5	-7	-5	-7	1	-7	-5	-7	1	-7	1	-5	-7	-5	-7	1	-7	-7	-5
---	----	---	----	----	----	---	---	----	----	----	---	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	---	----	----	----

Se cambian los valores negativos por -1 y los valores positivos por un 1, como en los pasos anteriores y queda de la siguiente forma:

1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
---	----	---	----	----	----	---	---	----	----	----	---	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	---	----	----	----

Si comparamos los valores de este vector, veremos que es idéntico al vector X de la enfermedad Sarampión, por lo cual comprobamos que el algoritmo de la BAM corrige las posibles desviaciones de los vectores que se quieren identificar.

Teníamos algunos síntomas del Sarampión, como son

- Conjuntivitis
- Diarrea
- Exantema
- Fiebre prolongada
- Neumonía
- Rinofaringitis

Pero nos faltaban los síntomas de Lengua en fresa y otitis media, así es como nace la confusión de cuál enfermedad se trata, además teníamos los síntomas de Náuseas

Nerviosismo

Piel seca

Los cuales no son muy representativos de otra enfermedad. Así que la BAM identificó y corrigió las desviaciones para darnos como resultado que la enfermedad cuyos síntomas nosotros introdujimos, se trataba de un caso de Sarampión.



Sintomas de la enfermedad	Síntomas presentados	Síntomas Coincidentes	Síntomas no Coincidentes	Enfermedad identificada	Resultados
Conjuntivitis Diarrea Exantema Fiebre Lengua en fresa Neumonía Otitis media Rinofaringitis	Conjuntivitis Diarrea Exantema Fiebre Neumonía Rinofaringitis Náuseas Nerviosismo Piel seca	Conjuntivitis Diarrea Exantema Fiebre Neumonía Rinofaringitis	Náuseas Nerviosismo Piel seca Lengua en fresa	Sarampión	Prueba Exitosa

### Tercer Prueba: con otro caso real

Para estar aún más convencidos de la efectividad de la BAM, a continuación realizaremos de nuevo el algoritmo con otra enfermedad presentada anteriormente al pediatra, lo cual es otro caso real:

El paciente llega y le explica al experto los síntomas que tiene. Se listan a continuación:

Exantema

Nerviosismo

Piel seca

Prurito

Las pondremos en un vector de enfermedades:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1

Teniendo la matriz de pesos  $W$ , a continuación multiplicaremos, como ya se ha visto en los procesos anteriores, el vector de la enfermedad que se quiere identificar por la primer fila de la matriz de pesos  $w$ .

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3	
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1

Para dar como resultado un vector como el siguiente:

-1	-5	1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	1	-5	-1	-1	-3	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-5	-5	-3
----	----	---	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	---	----	----	----	---	----	----	---	----	----	----	----

El cual se suma y el resultado es  $-38$ , que por ser una cifra negativa se cambia por un  $-1$ . El mismo procedimiento se realiza con el vector y las 4 filas restantes de la matriz  $W$ , que nos la matriz de pesos netos de  $Y$ :

-1	-5	1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	1	-5	-1	-1	-3	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-5	-5	-3
-1	-1	-3	-3	-1	-1	-1	3	-1	-3	-1	-1	-1	-3	1	-1	-1	-1	-3	-1	3	1	-1	-1	-1	-3
-1	-1	1	1	-5	-1	-1	-1	-5	-3	-1	-1	-1	1	1	-1	-5	-1	-3	-5	-1	1	-1	-1	-1	1
-1	-1	1	1	-1	-5	3	3	-1	1	-1	-1	-5	1	5	-1	-1	-1	1	-1	3	5	-1	-1	-1	1
-5	-1	-3	1	-1	-1	3	-1	-1	1	-1	-5	-1	1	1	-5	-1	-5	1	-1	-1	1	-5	-1	-1	1

Sumándose cada una de las filas, y cambiando los números negativos por  $-1$  y los positivos por  $1$ , nos queda el vector siguiente de números:

-1
-1
-1
1
-1

A simple vista el vector  $Y$  corresponde a la enfermedad de neurodermatitis, pero aún falta realizar la realimentación ahora de  $Y$  hacia  $X$ .

Para ello, multiplicamos el vector Y por la primer columna de la matriz de pesos W:

-1
-1
-1
1
-1

1	5	-1	3	1	1	-1	1	1	-1	5	1	1	3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	5	5	3	
1	1	3	3	1	1	-1	-3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3
1	1	-1	-1	5	1	-1	1	5	3	1	1	1	-1	1	1	5	1	3	5	-1	1	1	1	1	-1	
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1	
5	1	3	-1	1	1	3	1	1	-1	1	5	1	-1	1	5	1	5	-1	1	-1	1	5	1	1	-1	

Y el resultado lo tendremos en otro vector, el cual quedaría como sigue:

-1
-1
-1
1
-5

Repetimos el mismo paso con el vector Y y las 25 columnas restantes, quedándonos una matriz de la siguiente forma:

-1	-5	1	-3	-1	-1	1	-1	-1	1	-5	-1	-1	-3	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-5	-5	-3
-1	-1	-3	-3	-1	-1	1	3	-1	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-1	-1	-3	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-3
-1	-1	1	1	-5	-1	1	-1	-5	-3	-1	-1	-1	1	-1	-1	-5	-1	-3	-5	1	-1	-1	-1	-1	1
1	1	-1	-1	1	5	3	-3	1	-1	1	1	5	-1	5	1	1	1	-1	1	3	5	1	1	1	-1
-5	-1	-3	1	-1	-1	-3	-1	-1	1	-1	-5	-1	1	-1	-5	-1	-5	1	-1	1	-1	-5	-1	-1	1

Se suman cada una de las columnas, siendo las sumas las siguientes en un vector:

-7	-7	-5	-5	-7	1	3	-3	-7	-5	-7	-7	1	-5	1	-7	-7	-7	-5	-7	3	1	-7	-7	-5
----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----

De nuevo, cambiaremos las cifras negativas por  $-1$  y las positivas por  $1$  y la matriz queda así:

$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Que es exactamente el mismo vector  $X$  de la enfermedad de Neurodermatitis.

Los síntomas fueron suficientes para reconocer la enfermedad, y aunque faltaban algunos, como son las estrías y la liqueinificación, fue suficiente para identificar a la enfermedad, y así vemos nuevamente que el algoritmo de la BAM funciona satisfactoriamente con los casos presentados, como se puede observar en la tabla siguiente y en las anteriores:

Síntomas de la enfermedad	Síntomas presentados	Síntomas Coincidentes	Síntomas no Coincidentes	Enfermedad identificada	Resultados
Estrías Exantema Liqueinificación Nerviosismo  Piel seca Prurito constante	Exantema Nerviosismo Piel seca Prurito constante	Exantema Nerviosismo Piel seca Prurito constante	Estrías Liqueinificación	Neurodermatitis	Prueba Exitosa

### Conclusiones de las pruebas

Las pruebas con casos reales como se puede ver en las tablas, todas exitosas, nos indican que el algoritmo de la BAM es viable y efectivo en la demostración del funcionamiento de nuestro prototipo. El experto pediatra quedó convencido con las respuestas que arrojaba el algoritmo, es decir, que aunque faltaran algunos de los síntomas de la enfermedad, o sobraban, seguía identificándola como la enfermedad de la cual realmente se trataba, corrigiendo desviaciones.

Lo anterior demuestra que el pediatra tuvo una reacción favorable hacia el algoritmo, ya que estuvo de satisfecho con su funcionamiento y la forma en que le facilitaría el trabajo si se desarrollara el sistema, el cual daría una idea bastante aproximada de la enfermedad de la cual se trata sin importar que sobren o falten algunos síntomas.

#### 4.4.3.5 Planeación de la evaluación del producto

El uso que se le daría al prototipo en caso de ser desarrollado como un sistema completo, es el de apoyo a la toma de decisiones en cuanto al diagnóstico del experto pediatra, ya que él lo alimentaría según su experiencia y posteriormente consultaría los resultados para tomar una decisión de diagnóstico con más seguridad.

Algunos de los beneficios que se tendrían son:

- Almacenamiento de experiencia en un sistema.
- Apoyo para el diagnóstico.
- Transmisión de conocimientos a otros expertos médicos.

A continuación se describe la manera en que se utilizaría el sistema:

Para acumular conocimiento el experto debe realizar los siguientes pasos:

Seleccionar los síntomas de la nueva enfermedad, como se aprecia en la figura 8:

<input checked="" type="checkbox"/> D.Retrocular	<input type="checkbox"/> Esplenomegalia
<input checked="" type="checkbox"/> Exantema	<input checked="" type="checkbox"/> Fiebre
<input type="checkbox"/> Hiperoxia	<input type="checkbox"/> Irritación cutánea

Figura 8: selección de síntomas

Especificar de qué enfermedad se trata para que el posible sistema aprendiera(figura 9):

Posible enfermedad

Figura 7: posible enfermedad

Hacer click en el botón (figura 10) Aprender para que el conocimiento de la nueva enfermedad se almacene:

Aprender

Figura 9: Botón de aprender

Para hacer uso de los conocimientos ya almacenados, se realizaría lo siguiente:

El experto seleccionaría los síntomas según los disponibles en el programa(figura 8):

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> D.Retrocular | <input type="checkbox"/> Esplenomegalia        |
| <input checked="" type="checkbox"/> Exantema     | <input checked="" type="checkbox"/> Fiebre     |
| <input type="checkbox"/> Hiporexia               | <input type="checkbox"/> Irritación peritoneal |

Figura 8

Una vez que está seguro de que seleccionó los correctos, haría click en el botón Identificar(figura 6) para que realice las operaciones necesarias para descubrir de qué enfermedad se trata:

Identificar

Figura 6

Y el resultado se mostraría como en el ejemplo:

## Dengue

### Possible enfermedad

Figura 7

Algunas de las ventajas de nuestro Prototipo no operacional de sistema experto son

- Siempre estará disponible.
- Se puede obtener información de él no importando la hora.
- Tarda muy poco en la resolución de un problema.
- Realizan cálculos exactos.
- Permite modificaciones fáciles.
- Permite observar las necesidades, expectativas y aceptación de los usuarios.

#### 4.4.3.6 Planeación del soporte

La fase de planeación del soporte no se aplica porque implicaría, como su nombre lo dice, dar soporte a los usuarios de un sistema y la configuración del mismo, que no se realizará, así como tampoco las pruebas de regresión.

#### 4.4.3.7 Planeación de la Implantación

No se realizará el documento que se desarrolla en ésta fase, que es para describir cómo se llevará a cabo el desarrollo del sistema, por la razón de que se hizo un prototipo no operacional.

#### **4.4.4 Implantación**

Como ya se vio anteriormente, la implantación consta de varios pasos, de los cuales se realizaron sólo algunos porque no se realizó un sistema, y estos pasos desarrollados se listan a continuación:

Revisión del prototipo.- ir a la página 73, en el planeamiento de la prueba, y página 85, en la planeación de la presentación inicial del producto.

Adquisición de conocimientos.- ir a la página 74, y ver Vectores ideales para realizar la Memoria Asociativa Bidireccional

#### **4.4.5 Evaluación**

Como anteriormente se había visto, la evaluación de un sistema experto es muy compleja, ya que incluso entre expertos en la materia correspondiente difieren en cuanto opiniones, la exactitud del sistema entonces estaría en función de los conocimientos que haya acumulado un experto, y entonces para él serán correctos al cien por ciento.

Para ver los resultados de las evaluaciones, ir a la página 85 para ver la presentación inicial del producto con casos reales y a la página 98 para ver los resultados y conclusiones de las mismas.

#### **4.4.6 Evolución a largo Plazo**

La evolución a largo plazo sólo se podría especificar si ya tuviésemos desarrollado el SE, pero como se trata de un prototipo, por lo pronto podríamos pensar que el futuro sistema tendrá un incremento en su funcionalidad y aumento en la base de conocimientos, que es la principal evolución del prototipo hacia un sistema. Por supuesto, tendrá que estar mejorando continuamente.



## Conclusiones

Con las computadoras y la informática, como se ha visto a lo largo del presente trabajo, todos salimos ganando, han ayudado de una manera muy importante a la realización de la mayoría de las actividades del ser humano, desde ahorrarle operaciones rutinarias y repetitivas, como las de un cajero, hasta imitar la forma de razonamiento de un experto, con la inteligencia artificial, como es el caso del sistema experto, que ayuda a 'pensar' en el posible diagnóstico de una enfermedad, como si fuera un médico.

Realmente se ha avanzado mucho en los terrenos de la Inteligencia Artificial, lo cual hay que aprovechar como apoyo o incluso para sustituir a una persona en sus actividades en algunas áreas.

Pero hay que reconocer que el sistema experto tiene las limitantes de no tener sentimientos o "corazonadas", ni nuevas ideas, por mencionar algunas, lo cual lo deja siempre en desventaja junto a un ser humano, y además sus conocimientos y experiencia sólo están en función de lo que previamente se haya alimentado.

La tendencia de los sistemas informáticos es de evitar trabajo e incluso sustituir a las personas en algunas áreas como es el pintado de coches, pero en otras áreas, éso es hasta cierto punto poco probable. Ningún sistema informático será capaz de reemplazar por completo a una persona en una actividad que requiera sensibilidad y sentimientos, como escribir una novela, pintar un cuadro, componer una canción.....tampoco es posible, hasta la fecha, que un sistema experto sustituya a un médico, no puedo imaginar a un sistema palpando mi vientre

para identificar un apéndice o hígado inflamado, o afligiéndose en actitud solidaria por el paciente que llora por un dolor de muelas....

Nunca el elemento creado será superior a su creador por la simple razón de que el creador se supera constantemente, y el elemento creado depende del creador siempre para estar avanzando.

Sin embargo un Sistema Experto servirá de gran apoyo según la cantidad de información que contenga, y sus bases de datos tendrán un cuantioso valor....precisamente se demostró que el prototipo no operacional de un Sistema Experto para el diagnóstico de un pediatra sirve como apoyo.

Siempre se necesita un apoyo, y más cuando hay de por medio una importante decisión que tomar. Además se le aceptará y tendrá más confianza si la persona que lo va a utilizar ayuda en la "alimentación" de los conocimientos del sistema, como es el caso de nuestro prototipo.

En todas las fases del desarrollo del prototipo estuvo presente el pediatra: tomamos la memoria Asociativa Bidireccional como paradigma de inferencia, porque simula una de las importantes funciones del cerebro, y al tenerla en un Sistema Experto, ayuda a solucionar problemas con pericia humana, y tendremos un apoyo con disponibilidad, rapidez y eficacia.

La medicina es una de las áreas donde ha habido interés en crear Sistemas Expertos para apoyo o incluso tomarlo como una opinión médica experta, cuya credibilidad e importancia depende de la cantidad de conocimientos con los que cuente, ya que la medicina es un área donde para detectar y aliviar una enfermedad se deben obtener del paciente todos los síntomas presentados, los cuales a veces son datos inciertos, no precisos o incompletos, además de que aparecen

constantemente nuevas enfermedades, y los conocimientos en el campo son demasiado extensos.

En el caso de nuestro prototipo se tomaron en cuenta cinco casos para probar el algoritmo de la BAM, y fueron: apendicitis, gastroenteritis, leucemia, neurodermatitis y sarampión; cada uno se colocó en matrices según ordena el procedimiento, se realizaron las operaciones pertinentes quitando o agregando síntomas a las enfermedades, y después de llevar a cabo los procedimientos como se mostró en la parte práctica, el algoritmo identificó exitosamente en todos los casos la enfermedad presentada. Todo ello se realizó con la presencia, supervisión y visto bueno del experto, a quien se explicó el funcionamiento y comprobó que cuando hay desviaciones a los síntomas comunes de una enfermedad, como tener síntomas de más o de menos, la BAM los corrige y da como respuesta, la identificación de la enfermedad de la cual se trataba, todo ello es, claro, de acuerdo a la alimentación que previamente se le dio al prototipo.

Generalmente las personas se muestran entusiastas ante un sistema que ahorra trabajo o apoya en las actividades que realizan, a menos que se sientan amenazadas de perder su empleo o ser cambiadas por un sistema, pero éste no es el caso. La reacción del médico fue pues, favorable al ver la efectividad del algoritmo, dicha reacción también fue de aceptación en cuanto al diseño de la pantalla del prototipo propuesto, ya que el color durazno es un color agradable, y la interface le es familiar, ya que la pantalla del prototipo se presentó con una interfaz en Windows. La captura de los síntomas no sería tediosa ni cansada, y si funcionara la consulta, la respuesta sería inmediata.

Por lo tanto, en suma, hubo buena aceptación del prototipo como un apoyo para el diagnóstico, con lo que se concluye que la hipótesis se cumplió: el prototipo no operacional de Sistema Experto presentado, sí sirve de apoyo para la identificación satisfactoria de las enfermedades identificadas previamente y por lo tanto facilita el diagnóstico.

## Glosario

Algunos de los términos que al lector le serán de utilidad a lo largo de su lectura son:

**Información.-** la información consiste en conocimientos importantes producidos como resultado de las operaciones de procesamiento de datos; asimismo las personas los adquieren para mejorar su comprensión y para lograr objetivos específicos.

"Informática Presente y futuro" Sanders Donald H.

**Sistema.-** Es un conjunto de partes que están integradas con el propósito de lograr un objetivo. Las siguientes tres características son fundamentales:

- **Un conjunto de partes.-** por ejemplo un auto, se compone de llantas, puertas, volante, etc. Para formar el sistema auto.
- **Partes integradas.** Debe haber una relación entre las partes de un sistema, es decir, depender unas de otras.
- **Objetivo común.** El sistema se diseña para alcanzar uno o más objetivos. Las partes del sistema deben trabajar juntas para lograr el objetivo del mismo.

"Informática Presente y futuro" Sanders Donald H.

**Software** Son programas (un conjunto de instrucciones) que controlan el funcionamiento de la máquina.

Al asignar a las computadoras labores programadas, las personas pueden dedicar más tiempo a los asuntos que requieren creatividad y juicio. Así pues, la computadora es un amplificador de la inteligencia que puede liberar a los seres humanos para que empleen su tiempo de manera más efectiva.

*"Informática Presente y futuro" Sanders Donald H.*

**Programa de aplicación.-** es aquel que se escribe para controlar el procesamiento de una tarea determinada.

*"Informática Presente y futuro" Sanders Donald H.*

**Computadora.-** es un sistema electrónico rápido y exacto que manipula símbolos (o datos) y que está diseñado para aceptar datos de entrada, procesarlos y producir salidas (resultados) bajo la dirección de un programa de instrucciones almacenado en su memoria.

*"Informática Presente y futuro" Sanders Donald H.*

**Bibliografía**

ALCALDE et.al.

**"Informática Básica"**

Editorial McGraw Hill

México, 1992

CHÁVEZ, José Antonio

**"La evolución de las computadoras: a grandes y sorprendentes saltos"**

en: Periódico Reforma

Lunes 6 de Diciembre de 1999

México.

FREEMAN, James A / SKAPURA David M.

**"Redes Neuronales"**

**Algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación"**

Editorial Addison-Wesley/Díaz de Santos

Primera edición

EUA, 1993

KENDALL y KENDALL

**Análisis y Diseño de Sistemas**

Editorial Prentice Hall

Tercera Edición

México, 1997

ROLSTON ,David W.

**Principios de Inteligencia Artificial**

**y Sistemas Expertos**

Editorial McGraw Hill

México, 1991

SÁNCHEZ y BELTRÁN

**Sistemas Expertos**

**Una metodología de programación**

Editorial Macrobit/ra-ma

México, 1991

SANDERS Donald H.

**"Informática Presente y futuro"**

Editorial McGraw Hill

Tercera edición

México, 1997



TUCKER, Allen B.

**Lenguajes de Programación**

Editorial McGraw Hill

Segunda edición

España, 1990