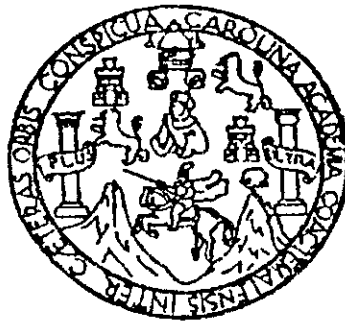


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEDICO : SISTEMA EXPERTO PARA TRATAMIENTO DE
CÁNCER DE MAMA**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ROLANDO MARTÍN GÁNDARA GRIJALVA

AL CONFERÍRSELE EL TITULO DE

INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,997



08
T(4137)
C.4

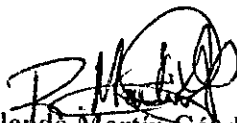
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

MEDICO : Sistema experto para tratamiento de cáncer de mama

Tema que me fuera asignado por la Coordinación de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería.



Rolando Martín Gándara Grijalva

Guatemala, noviembre de 1,997



MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO
Vocal 1º.
Vocal 2º.
Vocal 3º.
Vocal 4º.
Vocal 5º.
Secretario

Ing. Herbert René Miranda Barrios
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Ing. Juan Echeverría Méndez
Br. Victor Rafael Lobos Aldana
Br. Wagner Gustavo López Cáceres
Licda. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO
EXAMINADOR
EXAMINADOR
EXAMINADOR
SECRETARIO

Ing. Julio Ismael González Podszueck
Ing. Sergio Silva Lorenzana
Ing. David Alvarez
Ing. Carlos Ruiz Blau
Ing. Francisco Javier González López

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 18 de Marzo de 1,997

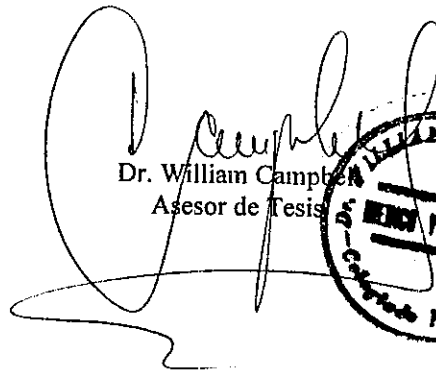
Ing.
Jorge Luis Alvarez
Asesor de Públicos y Privados
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

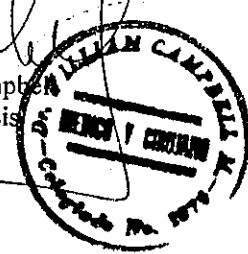
Ingeniero Alvarez:

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de tesis titulado **"MEDICO: Sistema Experto para Tratamiento de Cáncer de Mama"**, elaborado por el estudiante Rolando Martín Gándara Grijalva, el cual considero cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,


Dr. William Campbell
Asesor de Tesis



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,
25 de septiembre de 1,997

Por este medio hago del conocimiento que he procedido a revisar el trabajo de Tesis titulado: MEDICO: SISTEMA EXPERTO PARA TRATAMIENTO DE CANCER DE MAMA, elaborado por el estudiante ROLANDO MARTIN GANDARA GRIJALVA.

En mi calidad de Revisor, he analizado el contenido, así como las conclusiones y recomendaciones expuestas. Después de haber hecho las modificaciones pertinentes, dejo constancia de mi aprobación para su desarrollo.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,



Ing. Jorge Luis Alvarez Mejía
COORDINADOR CIENCIAS Y SISTEMAS

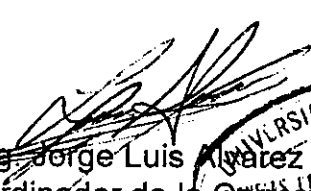


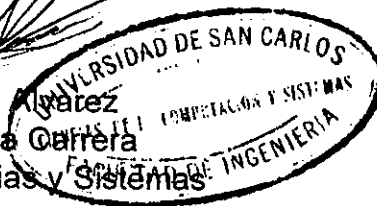
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El coordinador de la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, después de conocer el dictamen del asesor del trabajo de tesis del estudiante Rolando Martín Gándara Grijalva, titulado "**MEDICO: Sistema Experto para Tratamiento de Cáncer de Mama**", procede a la autorización del mismo.


Ing. Jorge Luis Álvarez
Coordinador de la Carrera
Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, 25 de septiembre de 1997



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

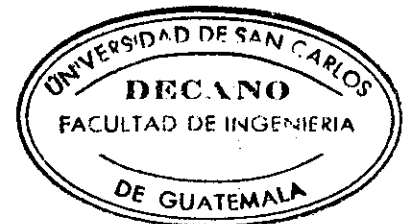
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la autorización por parte del Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de tesis MEDICO: Sistema Experto para Tratamiento de Cáncer de Mama, presentado por el estudiante Rolando Martín Gándara Grijalva, procede a la autorización para la impresión de las misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO

Guatemala, noviembre de 1,997



DEDICATORIA

A DIOS

Por ayudarme e iluminarme para llegar a este momento

A MI MADRE

Mami, aprovecho esta oportunidad para darte las gracias por darme la vida. Gracias por todo lo que me has dado, especialmente el enseñarme a tener amor y bondad hacia los demás.

A MI PADRE

Gracias por enseñarme a trabajar.

A MIS TIAS

Celina von Lutzow Altamirano (Q.E.P.D.)
Estela Gándara Arroyave. Gracias por saber ser mi segunda madre.
La quiero mucho.

A MIS HERMANOS René, Silvia, Hugo, Virginia, Estela y Max.

Gracias por cuidarme toda la vida.

A Doña Olga, CUÑADAS Y CUÑADOS :

Por ser parte de mi familia.

A MIS SOBRINOS:

Espero ser un ejemplo para ellos.

A MIS AMIGOS:

Ada Luz García, Claudia Cabrera, Vilma Guerra y Lorena Ibáñez
Byron López, Jorge Lemus y Herman Véliz.
Gracias por estar en los momentos que más los he necesitado.
No se vayan nunca.

A dos persona muy especiales para mí:

Prof. Adriana Rehwoldt V.
Sr. Pablo Herrera
Gracias por ayudarme a forjar mi adolescencia.

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION:

Especialmente a Lidia, José Luis, Everest, Juan Carlos Monterroso y Otto.

A MI EQUIPO I.C.A. :

Christa, Brenda, Lesli, Helga, Ana, Rosa, Ana Luisa, Greta, Norma.
Gracias por los años que llevamos compartidos

A MIS COMPAÑEROS DE LA SUPER.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial al **Dr. William Campbell**, por su decidida y desinteresada colaboración y por ser la base que sustenta este trabajo.

AL Dr. René Gándara, por su interés en que terminara la carrera.

A las familias García Colindres y Cabrera Prado, por las noches que no los dejamos dormir estudiando.

A la **EMPRESA DATUM S.A.**, especialmente al Ing. Luis Barrundia por la oportunidad que me dio para superarme.

A la **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, por brindarme un futuro.

INDICE GENERAL

LISTA DE ILUSTRACIONES	iii
GLOSARIO	iv
INTRODUCCION	vi
1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	
1.1 Introducción	1
1.2 Pensamiento, lenguaje y memoria	1
1.3 Divisiones de la inteligencia artificial	3
1.4 Sistemas expertos	3
1.4.1 Introducción	3
1.4.2 Características de los expertos	5
1.4.3 Representación del conocimiento	5
1.4.4 Inferencia y control	10
2. MEDICINA Y SISTEMAS EXPERTOS	
2.1 ¿Qué relación existe entre la medicina y los sistemas expertos ?	13
2.2 Adquisición, representación y explicación del conocimiento médico en un sistema experto.	15
2.2.1 Introducción	15
2.2.2 Base de conocimiento médico	15
2.2.2.1 ¿Qué es y cómo se compone?	15
2.2.2.2 Características y criterios para diseñar una base de conocimiento médico	16
2.2.2.3 Representación del conocimiento médico	16
2.2.2.3.1 Conceptos básicos	16
2.2.2.3.2 Conocimiento médico basado en reglas.	17
2.2.2.3.2.1 Introducción	17
2.2.2.3.2.2 ¿Cómo funciona?	17
2.2.2.3.2.3 Ventajas y desventajas	18
2.3 Componentes generales de un sistema experto médico	19
2.3.1 Componentes	19
2.3.2 Adquisición del conocimiento y corrección de errores	19
2.4 Metas que debe alcanzar un sistema experto médico	20
2.5 Algunas aplicaciones existentes	20
2.5.1 Sistemas Desarrollados	21
2.5.1.1 MYCIN	23
2.5.1.2 ONCOSYN	24
2.5.1.3 INTERNIST	24

3. ASPECTOS DEL CÁNCER DE MAMA, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO	
3.1 Introducción	26
3.2 Condiciones generales sobre el cáncer de mama	26
3.3 Definición	27
3.4 Epidemiología	27
3.5 Etiología	28
3.6 Morfología	29
3.7 Patología	29
3.7.1 Clasificación patológica	29
3.8 Histología	30
3.9 Signología y sintomatología	31
3.10 Diagnóstico	31
3.10.1 Clasificación clínico diagnóstica	34
3.10.2 Clasificación patológica post-tratamiento quirúrgico	34
3.11 Tratamiento	36
4. MEDICO: UN SISTEMA EXPERTO PARA TRATAMIENTO DE CÁNCER DE MAMA	
4.1 Descripción del sistema	39
4.2 Análisis	39
4.2.1 Evaluación de la herramienta por utilizar	40
4.2.2 Evaluación e interacción con el experto	40
4.2.3 Adquisición del conocimiento	40
4.2.4 Definición de módulos	40
4.2.5 Interfase con el usuario final	42
4.2.6 Metodología a emplear en el diseño	42
4.2.7 Alcance del sistema	42
4.3 Diseño e implementación	42
4.3.1 Diseño de pantallas	42
4.3.2 Definición de variables	43
4.3.3 Representación del conocimiento	43
4.3.3.1 Selección de reglas	43
4.3.3.2 Diseño de las reglas	44
4.4 Requerimientos mínimos de hardware y software	45
4.5 Funcionamiento del sistema	45
4.5.1 ¿Cómo iniciar en una consulta?	46
4.5.2 La opción de ¿Por qué? (Why?)	48
4.5.3 La opción de Qué pasa si? (What If?)	49
5. VALIDACION DEL SISTEMA: CASO DE ESTUDIO	51
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA	55
APENDICE A : LISTADO DEL SISTEMA EXPERTO MÉDICO	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Componentes de un sistema experto.	6
Figura 1.2 Ejemplo de red semántica	8
Figura 1.3 Ejemplo de terna objeto-atributo-valor	8
Figura 2.1 Ejemplo regla de producción de un sistema médico	17
Figura 4.1 Sintaxis general de las reglas de producción	44
Figura 4.2 Regla de producción	44
Figura 4.3 Menú principal de VP-EXPERT	45
Figura 4.4 Presentación del sistema	46
Figura 4.5 Pantalla que despliega la inferencia del tipo de estadio	47
Figura 4.6 Pantalla de despliegue de solución final	48
Figura 4.7 Explicación del porqué de una pregunta	48
Figura 4.8 Diagnóstico final del ejemplo	49
Figura 4.9 Menú principal de VP-EXPERT	49
Figura 4.10 Solución inferida al cambiar una variable	50
Figura 5.1 Diagnóstico final del caso de estudio	52

TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación de acuerdo a aspectos del tumor	34
Tabla 3.2 Clasificación de acuerdo a aspectos de los nódulos	35
Tabla 3.3 Clasificación de acuerdo a metástasis	35
Tabla 3.4 Clasificación General de estadios de acuerdo al T N M.	36

GLOSARIO

BACKWARD CHAINING : (Encadenamiento hacia atrás)

Estrategia de control que regula el orden en que se hace la inferencia, en un sistema basado en reglas. El encadenamiento hacia atrás es iniciado por una regla objetivo.

BASE DE CONOCIMIENTO: es la porción de un sistema de conocimiento que consiste de los hechos y heurística.

FORWARD CHAINING: (Encadenamiento hacia adelante)

Estrategia de control que regula el orden en que se hace la inferencia en un sistema basado en reglas. El encadenamiento hacia adelante se inicia por los datos.

HEURÍSTICA: es un método que simplifica o reduce las búsquedas en un problema de espacio grande. A diferencia de los métodos algorítmicos, los métodos heurísticos no garantizan soluciones correctas.

INFERENCIA: es el proceso mediante el cual nuevos hechos son derivados de hechos conocidos.

MOTOR DE INFERENCIA: es la parte de un sistema de conocimiento que contiene las estrategias de control e inferencia.

MYCIN: sistema experto de consulta médica desarrollado en Stanford. Compara e iguala la ejecución de especialistas humanos en el diagnóstico de meningitis y otras afecciones bacterianas de la sangre.

ONCOSYN: sistema experto de consulta que recomienda tratamiento para pacientes de cáncer basados en los tratamientos desarrollados por expertos humanos; lleva registro del progreso del paciente.

REGLA: es un manera formal de especificar una recomendación, dirección o estrategia, expresada como IF premisa THEN conclusión, o bien, IF condición THEN acción.

REGLAS HEURÍSTICAS: son reglas escritas para capturar la heurística que un experto usa para resolver un problema.

SHELL: nombre con el que se conoce a las herramientas para desarrollar sistemas expertos.

SÍNTOMA: fenómeno que aparece como consecuencia de una alteración funcional u orgánica en cualquier parte del organismo.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN: sistema humano o de computación que tiene una base de datos de reglas de producción y algunos mecanismos de control que selecciona reglas aplicables de producción en un esfuerzo por alcanzar algún estado objetivo.

TNM: clasificación más aceptada de los estadios clínicos de cáncer de mama, basada en los hallazgos del examen físico y de laboratorio, previo a cualquier procedimiento quirúrgico, y se basa en tumor, nódulos y metástasis.

VP-EXPERT: herramienta comercial utilizada para desarrollar sistemas expertos basados en reglas de producción.

INTRODUCCION

La automatización no es ya una fantasía sino que es una parte de la vida diaria y en su forma convencional un componente esencial de muchas empresas. Siempre que una tarea se lleva a cabo por medio de un algoritmo perfectamente definido de almacenamiento, clasificación o cálculo, el trabajo puede ser realizado por una computadora.

Este concepto de algoritmo, que subyace en cualquier organización secuencial, fija y determinada de operaciones, es parte fundamental de los programas de una computadora. Este tipo de programas es incapaz de manejar problemas donde el camino del razonamiento es variable y donde deben afrontarse situaciones, diversas sin haber sido especificadas.

Durante mucho tiempo se piensa que el razonamiento humano es sus aspectos, intuitivo y cualitativo, estaba más allá del alcance de las máquinas. Sin embargo, esto era sin tener en cuenta la inteligencia artificial. Gracias a ella, por el contrario, ha empezado a extenderse la idea de que las máquinas podrán hacer todo lo que el hombre pueda hacer.

Los investigadores en inteligencia artificial se concentran en los sistemas expertos, la resolución de problemas, el control automático, las bases de datos inteligentes y la ingeniería de software. Otros investigadores trabajan en el reto del reconocimiento de patrones donde se espera un rápido progreso en este campo que abarca la comprensión y la síntesis del habla, el proceso de imágenes y la visión artificial. Además, la investigación sobre la representación del conocimiento, la concepción cognoscitiva y la comprensión del lenguaje natural.

El área de sistemas expertos está tomando auge en diferentes campos de la vida del hombre, basándose en la riqueza en conocimiento adquirida en el tiempo por las personas llamadas "expertos".

Este trabajo de tesis se enfoca en el desarrollo de un sistema experto que se basa en la experiencia médica para tratamiento de cáncer de mama, el cual se complementa con documentación sobre la enfermedad y la relación entre la inteligencia artificial y la medicina.

Para el desarrollo del sistema se sigue un proceso de conceptualización del conocimiento y experiencia del experto y traducido a una base de conocimiento con la cual funciona el sistema experto, además se realiza un fase de pruebas con casos reales.

1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

1.1 Introducción

En Guatemala, las computadoras se han usado casi exclusivamente para tareas relacionadas con el área administrativa de negocios como contabilidad, finanzas, etc. Las causas principales de esto son el precio elevado del software y las capacidades de trabajo; pero actualmente, ha habido un dramático cambio a este respecto, el precio ha bajado y la capacidad de las máquinas ha crecido; lo que ha dado lugar al desarrollo de un área de la computación sumamente nueva llamada **inteligencia artificial**.

La inteligencia artificial es mas que nada una ciencia básica, más de lo que la gente popularmente cree; muchas de las mejores ideas de inteligencia artificial requieren de un gran trabajo antes de convertirse en aplicaciones útiles.

La construcción de dichos sistemas (de inteligencia artificial), requieren de todos los tipos de esfuerzos para hacer que la idea trabaje en un ambiente real, en computadoras reales, en tiempo real, en alguna manera útil; pero el mérito del programa viene de su funcionalidad, no de su herencia; el hecho de que un programa esté basado en una idea de inteligencia artificial no es parámetro para juzgar su funcionalidad.

En inteligencia artificial, las aplicaciones más importantes no serán los programas que se escriben, sino que será la habilidad de entender cómo piensa la gente; ya que si se descubre cómo las personas leen, crean y entienden, se les podrá ayudar a hacer esas cosas mejor; por ejemplo, la más prometedora aplicación de inteligencia artificial es en educación, ayudando a enseñar a leer, recordar y pensar a las personas, basándose en el conocimiento fundamental de esos procesos.

Los programas desarrollados actualmente, salvo algunas excepciones, son experimentos, no resultados. Mientras se progresa en este campo, los resultados obtenidos pueden preparar el camino para desarrollar el compañero automático que podría convertirse en una parte indispensable de la vida diaria.

1.2 Pensamiento, lenguaje y memoria

La inteligencia artificial toma como su principal materia algunas de las preguntas de la existencia del ser humano, tales como: ¿Cuál es la naturaleza de la mente?, ¿Qué se está haciendo cuando se está pensando, sintiendo, viendo o entendiendo?, ¿Es posible comprender cómo realmente trabaja la mente?

Estas preguntas han sido formuladas por miles de años, pero se ha hecho un mínimo progreso respondiéndolas. La inteligencia artificial ofrece una nueva herramienta para responder a ésta pregunta: la computadora. El uso fundamental de las computadoras es ayudar a probar las ideas acerca de lo que la mente hace.

La teoría de la mente a veces toma la forma de la descripción de un proceso, por ejemplo: la respuesta a una pregunta puede ser que la persona primero traduce la pregunta a una

representación interna; usa esta representación como un índice a la memoria, traduce la memoria a una forma apropiada de respuesta y luego genera las palabras para comunicarse.

Anteriormente, los investigadores de inteligencia artificial se dirigieron a lo que consideraban manifestaciones de suma inteligencia, como jugar ajedrez, probar teoremas matemáticos, etc; se gastaron mucho tiempo y energía en estos proyectos y encontraron poderosas técnicas computacionales para correr dichas tareas "inteligentes"; pero a su vez, descubrieron que estas técnicas no son las mismas que utiliza la gente para realizar estas tareas, por lo tanto se dirigieron hacia tareas que las personas consideran triviales; como usar el lenguaje, usar el sentido común, aprender experiencias pasadas, adquirir conocimiento, etc.

Una de las tareas "triviales" que se trató, fue de construir programas que puedan usar un lenguaje natural (inglés, español, etc.); se quiere que dichos programas sean capaces de entender las palabras escritas lo suficientemente bien como para resumirlas, traducir a otros lenguajes o responder preguntas.

Además debe resolver la ambigüedad, o sea que debe tener una idea de qué sucederá, basado en o qué ha pasado anteriormente y qué sabe acerca de esas situaciones; para examinar estas ideas se tienen que imaginar las clases de expectativas (qué se espera) que existen y cómo son usadas.

Para resolver lo anterior se debe primero guiar el comportamiento humano; las personas genera expectativas a distintos niveles de especificación y se debe pensar en un programa que puede manejar esto. La traducción es completada por medio de un Parser; lo cual es una rutina que lee los estatutos de un lenguaje dado y determina si son legales en ese lenguaje. También puede producir una representación transformada de estatuto para ser usado por otras partes del programa; en algún sentido todo parser de un lenguaje natural usa expectativas.

Las preguntas que se generan automáticamente son: ¿Dónde se originan las expectativas? ¿Cómo se sabrá que pasará después?

Se utilizan experiencias previas que nos ayudan a entender. Se codifica lo que se ve, en términos de lo que se ha experimentado; es por eso que dos personas pueden ver el mismo evento, y entenderlo de formas distintas. Nuestra habilidad para entender una situación viene de nuestra habilidad para compararla con situaciones anteriores. **EL CONOCIMIENTO QUE SE OBTIENE DE LA EXPERIENCIA ES EL MISMO CONOCIMIENTO QUE SE USA PARA ENTENDER.**

¿Cómo puede relacionarse esto con los grupos de expectativas?

Lo primero que se nota es que el uso de los grupos puede ser una forma eficiente de recordar episodios. Los grupos de expectación contienen lo que esperamos en una situación, por lo tanto son prototipos y pueden servir para organizar una memoria de eventos. La memoria necesita registrar aquellas partes de un episodio que sea la diferencia con el prototipo.

Por lo tanto pueden definirse dos características que debe tener la memoria:

- 1) Un sistema de memoria debe ser dinámico, la memoria debe ser alterada y actualizada por sus experiencias.

2) Un sistema de memoria debe ser capaz de encontrar lo que se conoce.

Estas dos características principales, o sea cómo aprender y cómo recordar, son las que basan la teoría acerca de la estructura de la memoria. Se necesita entender cómo el conocimiento es estructurado y cómo se puede cambiar.

Se pueden sacar muchas conclusiones acerca de las estructuras de la memoria; los grupos son anidados, esto es, que tienen subgrupos. En términos de inteligencia artificial, los grupos son llamados MOP's (Memory Organization Packages) y los subgrupos escenas; las cuales son compartidas por muchos MOP's.

Los grupos que cualquier sistema de memoria dinámico utiliza en cualquier momento en particular, depende de sus anteriores experiencias. La habilidad de compartir escenas provee un mecanismo para hacer generaciones útiles. Cuando existe una falla en la expectación (lo que se espera), y la fuente de la expectación es parte de una estructura compartida, la falla y cualquier nueva expectación basada en esa falla almacenada en esa estructura.

Cuando una situación similar ocurre, aún en diferente paquete, la falla previa viene a la mente (es recordada), porque está almacenada en la escena compartida; luego, puede ser usada para ayudar al proceso. Esta combinación de aprendizaje por error-corrección y estructuras de memoria compartidas, es muy poderosa. La falla de la expectación puede ser usada para construir nuevos MOP's tomando los antiguos, pudiendo cambiar el orden de las escenas.

SER CAPAZ DE APRENDER DE LA EXPERIENCIA Y APLICAR ESE CONOCIMIENTO EN SITUACIONES RELEVANTES, ES UN PASO IMPORTANTE HACIA LA ACTUAL INTELIGENCIA.

1.3 Divisiones de la inteligencia artificial

A la inteligencia artificial se le puede dividir en tres áreas, independientes, de investigación.

Un área se refiere al procesamiento del lenguaje natural; específicamente a desarrollar programas que puedan leer, hablar o entender el lenguaje que la gente utiliza en sus conversaciones diarias.

El otro grupo se concentra en la idea de desarrollar programas que utilizarían conocimiento simbólico para simular el comportamiento de los expertos humanos.

La tercer área trata de desarrollar robots inteligentes; para eso se ocupan de diseñar programas visuales y de tacto que permitan a los robots observar los cambios que ocurren cuando ellos se mueven en un ambiente específico.

1.4 Sistemas expertos

1.4.1 Introducción a los Sistemas Expertos (S.E.)

Los sistemas expertos, también llamados Sistemas basados en conocimiento, son un área importante y novedosa de la inteligencia artificial que se encarga de desarrollar sistemas que utilizarían conocimiento simbólico para simular el comportamiento de los expertos humanos en un área específica.

En la programación convencional los sistemas son capaces de recolectar y procesar grandes cantidades de datos; ellos procesan todos los datos con algoritmos generalmente complejos que van detallados paso a paso.

Estos programas se comparten de forma tal que sólo los programadores que los desarrollaron los pueden entender; en cambio los sistemas expertos o de conocimiento, en este aspecto son bastante diferentes, ya que son altamente interactivos; el usuario puede abortar el procesamiento en cualquier lugar y preguntar por qué se tomó determinada línea de razonamiento o cómo se obtuvo determinada conclusión.

Otras características de los sistemas expertos que contrastan con la programación convencional son:

- 1) Específicamente los resultados obtenidos de un sistema experto y la tareas que realiza fueron realizadas por un experto humano.
- 2) Los programas tradicionales reciben mantenimiento de los programadores, en cambio los sistemas expertos lo reciben del experto en sí.
- 3) Los programas tradicionales se estructuran con algoritmos, mientras que los sistemas expertos se estructuran con heurística; la cual se basa en el conocimiento obtenido por los expertos mediante su experiencia en el área específica; ésta es la característica más importante de los sistemas expertos.

Los ingenieros de conocimiento, que son los que implementan los sistemas expertos, interactúan con los expertos humanos para ayudarlos a describir su conocimiento y sus estrategias de inferencia.

Los ingenieros del conocimiento se encargan tanto del desarrollo del software como en el análisis de la forma en que los expertos humanos resuelven los problemas; por lo tanto los ingenieros del conocimiento deben de combinar una gran cantidad de psicología cognoscitiva con técnicas de programación simbólica.

Para muchas aplicaciones, especialmente aquellas que se cree que pertenecen al dominio del algún experto, es usualmente imposible definir el flujo total de las acciones tomadas por el experto. El expertaje es, sin embargo, a veces descrito en partes, cada una relacionada a algún pequeño contexto de la situación y las acciones apropiadas para la situación.

Los sistemas expertos proveen de un mecanismo referido como la máquina de inferencia, para unir estas partes conjunta y dinámicamente en el tiempo de corrida para completar satisfactoriamente el trabajo. Un experto no solamente posee un almacenamiento de conocimiento de definición de un tema, sino que además puede rápidamente aplicar este conocimiento para resolver un objetivo en específico.

Por lo tanto, para emular los pasos en la resolución de un problema de un experto, no es suficiente codificar el conocimiento teórico separado del componente de procedimiento del experto, dejando para después el procedimiento fijado por la máquina de inferencia.

1.4.2 Características de los expertos

Para ser un experto se requieren tres características:

- 1) Un experto tiene el conocimiento de los conceptos relevantes a su dominio, su taxonomía, y su interrelación entre ellos.
- 2) Un experto tiene una copia de una situación específica, respuestas ya listas o respuestas parciales para acortar el proceso de la solución del problema.
- 3) Un experto tiene la habilidad para reconocer las oportunidades para usar tales atajos.

1.4.3 Representación del conocimiento

En esta sección se considerará la forma en que los ingenieros de conocimiento analizan el conocimiento de un experto y como lo representan en el software que comprende un sistema experto.

Para esto, es necesario recordar la figura 1.1, ya que esta discusión se basará en una porción de los sistemas expertos: la base de conocimiento, que contiene los hechos y reglas que componen el conocimiento de un experto.

Antes de que el ingeniero experto pueda pensar en empezar a construir la base de conocimiento, deberá adquirir y analizar algún conocimiento.

Cuando el conocimiento de un experto es examinado de cerca, regularmente se encuentra que consiste de ingredientes simples y no de ideas profundas y complejas. Existen diferentes estrategias para representar el conocimiento. En esta tesis se discutirá en detalle una de ellas, que es la que se usará para la construcción del sistema experto.

Básicamente, existen cinco diferentes formas de codificar los hechos y relaciones que constituyen el conocimiento. Estos son:

- Redes semánticas
- Objeto-atributo-valor
- Reglas
- Expresiones lógicas

1.4.3.1 Redes semánticas

Este es el esquema más general y también el más antiguo en inteligencia artificial. Una red semántica es una colección de objetos llamados nodos, que están conectados entre sí por medio de arcos o "links" generalmente, tanto a los nodos como a los links se les asigna un nombre. No hay ninguna restricción de la forma en que se nombre a los nodos o a los links.

COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO

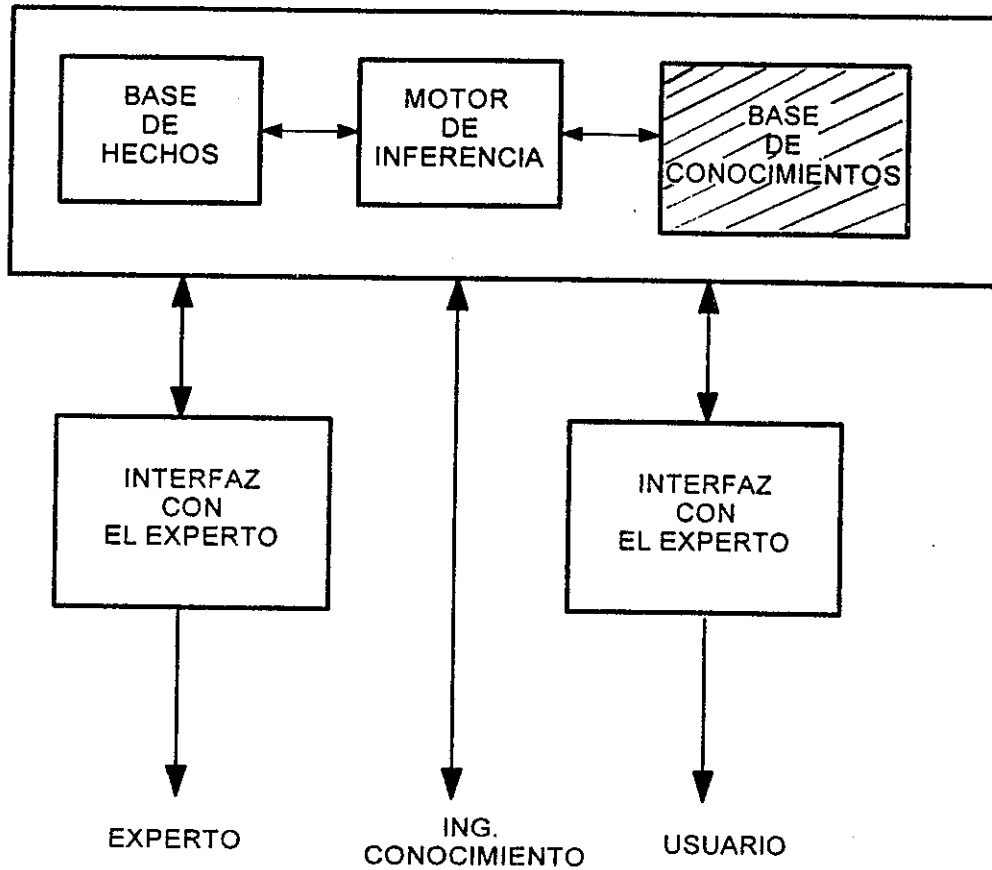


FIGURA 1.1

Sin embargo, algunas convenciones típicas son:

Los nodos se usan para representar objetos y descriptores

Los objetos son objetos físicos que pueden verse o tocarse, pero también pueden ser entes conceptuales como eventos, actos o categorías abstractas. Los descriptores proveen información adicional sobre los objetos, como por ejemplo, la condición de los mismos. Los links relacionan los objetos con los descriptores. Un link puede representar cualquier relación, como por ejemplo "es-un", que representa la relación clase-instancia.

Otro ejemplo es la relación "tiene-un". Estos links son conceptos a definiciones y otros se basan en conocimiento adquirido por experiencia.

Una gran ventaja de este tipo de esquema es su flexibilidad, ya que se pueden crear links y nodos cuando se necesiten. Este esquema también incluye la característica de herencia, en el sentido de que los nodos tienen la habilidad de heredar características de otros que estén relacionados a ellos.

La herencia de propiedades es una implicación de la relación "es-un" y significa que se asume que todas las instancias de una clase tienen las mismas propiedades.

La figura 1.2 es un ejemplo de un esquema sencillo de red. Se pueden observar las relaciones "es-un", "tiene-un" y "condicion es".

1.4.3.2 Objeto-atributo-valor

Este tipo de representación de información es usado en el MYCIN. MYCIN, desarrollado en los años 70, es el primer sistema experto relativamente grande, funciona a nivel de experto y es el primero en proveer a los usuarios con explicaciones de su razonamiento.

Muchos otros sistemas expertos han tomado las técnicas desarrolladas para la implementación y desarrollo de MYCIN.

En este esquema, los objetos pueden ser entes físicos o pueden ser entes conceptuales, como un préstamo bancario o una transacción de ventas.

Los atributos son características generales o propiedades asociadas con los objetos. Para los objetos físicos, algunos atributos típicos son tamaño, forma y color. El tercer miembro del grupo en este esquema es el valor del atributo. El valor contiene la naturaleza específica de un atributo en una situación particular. La figura 1.3 muestra un ejemplo de la terna. El objeto es una manzana y uno de sus atributos es su color. En este ejemplo, el valor del atributo "color" es "rojo".

Puede observarse que este esquema de representación del conocimiento es un caso especial del esquema de redes semánticas.

En este caso, todo se reduce a dos relaciones simples. El link 'objeto --> atributo' es un link 'tiene-un' y el link 'atributo-valor' es un link 'es-un'. Los nodos pueden ser ya objetos, atributos o valores.

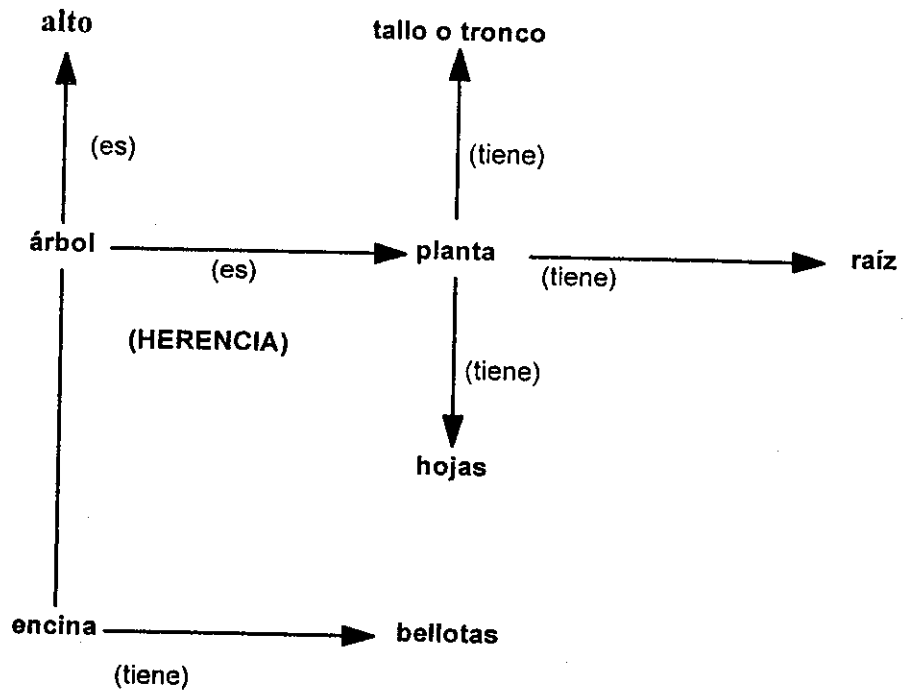


FIGURA 1.2 Ejemplo de Red Semántica



FIGURA 1.3
Ejemplo Terna
Objeto-Atributo-Valor

Hay una diferencia importante entre un objeto estático y una instancia dinámica del objeto. Si se remueven las porciones que cambian de grupo objeto-atributo-valor, es decir, el valor, se crea una descripción estática o genérica del conocimiento. El proceso de determinar valores específicos para los atributos almacenados en una base de conocimiento se conoce como ilustración.

Una cualidad muy importante de este esquema es la forma que se orden los objetos y la forma en que se relacionan unos con otros y son representados en gráficas llamadas árboles. El primer objeto de árbol se le llama "raíz" y se utiliza como punto de partida para el razonamiento. Los objetos en un árbol pueden ser tanto estáticos como dinámicos. En la forma dinámica, los objetos tienen instancias con valores.

En este caso, los objetos pueden tener instancias múltiples.

Los links pueden indicar diferentes relaciones, dependiendo de la base de conocimiento. Los árboles de objetos pueden ser anidados, lo que significa que un objeto puede estar relacionado a uno o más objetos en un nivel mayor, situación en la cual el objeto hereda sus propiedades de mas de un objeto.

Este esquema proporciona soporte para el manejo de certeza. Puede suceder que un hecho sea no definitivo. En estos casos, el grupo objeto-atributo-valor puede ser modificado por un número llamado 'factor de certeza'.

Estos números representan la confianza que se tiene en una parte de la evidencia. Existen varias formas por las cuales pueden representarse factores de certeza; en MYCIN, por ejemplo, el rango de factores de certezas de -1 a +1. El -1 indica que un hecho es totalmente falso y el +1 indica que el hecho es totalmente verdadero. Los factores de certeza no son probabilidades, sino son medidas formales de confianza o certeza para una porción de evidencia.

1.4.3.3 Reglas

Las reglas se utilizan para representar relaciones. Las reglas pueden usarse, con el esquema atributo-valor o con el esquema objeto-atributo-valor. A continuación, representa un ejemplo de una regla tomada de MYCIN.

Cada una de la cuatro partes de la premisa se llama 'expresión', antecedente o consecuente dependiendo de cual es el caso.

Existen muchas formas de analizar una regla, en la siguiente tabla se presenta una de ellas.

	Atributo	Objeto	Valor	
SI	Lugar		Cultura	sangre
	Morfología		Organismo	forma de varilla
	Tranquilo		Paciente	verdadero

ENTONCES Identidad Organismo Pseudomonas Aeroginosa (0.6)

Las reglas enlazan los valores para los atributos de los objetos. Cuando se invocan las reglas, el sistema chequea si los valores de grupo objeto-atributo-valor son verdaderos en cada uno de los antecedentes.

Si uno de ellos resulta ser falso, el sistema detiene el procesamiento de la regla. Si son todos verdaderos, entonces se asume que el grupo objeto-atributo-valor es verdadero. Para las reglas también existe factores de certeza.

Puede ser que algunas reglas concluyan valores que no son definitivos.

Por ejemplo, si se analiza la siguiente regla:

SI El computador soporta un usuario y
 el CPU del computador es compacto y
 el costo del computador es menor de \$10,000

ENTONCES

El computador es un computador personal.

Algunos sistemas expertos le dan mucha flexibilidad a este esquema implementando lo que se conoce como reglas "variables".

La regla variable permite al sistema sustituir hechos diferentes en un formato general.

Por ejemplo:

SI El computador soporta X usuarios y
 el CPU del computador es Y y
 el costo del computador es Z

ENTONCES

El computador (X,Y,Z) es un computador W.

Para esto, por supuesto, tendrían que implementarse otras técnicas de soporte, como tablas especificadas de búsqueda u otros.

1.4.3.4 Marcos

Este es otro método para representar hechos y relaciones.

Un marco es la descripción de un objeto que contiene "slots" o ranuras para toda la información asociada con el objeto. Los slots almacenan valores, o valores 'default', e incluso pueden contener pointers (apuntadores) a otros marcos, conjuntos de reglas o procedimientos por medio de los cuales se obtengan valores. Esto permite representaciones de conocimiento más poderosas, pero de una forma mas compleja y mas difícil de desarrollar que sistemas mas simples.

Las ideas claves de este esquema son que cada objeto consiste de un conjunto de slots, y los slots contienen propiedades del objeto adicionalmente, se pueden incorporar procedimientos en lo que de otra forma sería una representación declarativa.

1.4.3 Inferencia y control

Existen dos componentes básicos en la estructura de un sistema experto; el primer componente es la base del conocimiento que contiene información acerca de un dominio específico, el segundo la máquina de inferencia, que es el programa que procesa las reglas e información, y se encarga de hacer inferencias para llegar a conclusiones específicas.

Estas componentes se ven claramente en la figura siguiente:

Para utilizar el conocimiento, se han desarrollado muchas técnicas y estructuras de búsqueda; éstas estrategias se encargan de guiar al sistema experto a medida que usa hechos y reglas almacenadas en su base de conocimiento.

Entre las estrategias de inferencia tenemos:

- Modus Ponens y Especificación Universal
- Razonamiento sobre lo Incierto

y con respecto al control:

- Encadenamiento hacia atrás y hacia adelante
- Profundidad versus Anchura

Ahora se describirá cada una de las estrategias.

Existen dos reglas para la aplicación lógica en la base de conocimiento de un sistema experto: Modus Ponens y Especificación Universal.

La regla Modus Ponens establece que si A es verdadero, y existe una regla $A \rightarrow B$ (Si A, entonces B), se puede inferir B; es decir cuando los antecedentes de una regla son verdaderos, es válido decir que las conclusiones son verdaderas.

Existen dos implicaciones importantes:

Primero, la regla es bastante simple, por lo que el razonamiento es fácil de entender; segundo, se debe tomar en cuenta que ciertas implicaciones que son completamente válidas aún no pueden implementarse.

La regla de especificación universal es similar; excepto que involucra un cuantificador universal.

La máquina de inferencia debe ser capaz de manejar situaciones donde la información es incompleta. La forma como se manejan situaciones como ésta, es permitiendo que algunas reglas fracasen o algunas preguntas no sean contestadas. El resultado en este caso dependerá de los conectores lógicos encadenando las premisas.

Los sistemas de encadenamiento hacia atrás se conocen como sistemas dirigidos a una meta. En estos casos, la máquina de inferencia tendrá como punto de partida la meta en sí, y trabajará hacia atrás para buscar una respuesta adecuada.

La búsqueda con encadenamiento hacia adelante, o búsqueda dirigida hacia los datos, comienza a partir de condiciones iniciales dadas. Esta técnica se presenta en casos donde la solución o meta necesita ser construida debido a algunos factores. En un sistema de encadenamiento hacia adelante, se examinan las reglas con el objeto de determinar si son verdaderas, dada determinada información.

Si las reglas son verdaderas, las conclusiones respectivas se añaden a la lista de hechos y el sistema vuelve a examinar las reglas.

2. MEDICINA Y SISTEMAS EXPERTOS

2.1 ¿QUÉ RELACION EXISTE ENTRE LA MEDICINA Y LOS SISTEMAS EXPERTOS?

Introducción

En los años 60 comienza a existir una cierta inquietud sobre lo que se denominó el "diagnóstico médico automático". Durante una década se desarrollaron un gran número de programas que basados en el cálculo de probabilidades realizaban el diagnóstico de un reducido grupo de enfermedades.

Los programas se clasificaron en:

- Métodos de contestación prefijada formada por algoritmos aritméticos lógicos, el control y el conocimiento están juntos y estaban escritos en lenguajes procedurales.
- Métodos estadísticos que se clasificaban en Bayesianos, de análisis discriminantes y análisis de secuencia.

En 1961 se desarrolló el programa BMDP (Biomedical Computer Programs) en la Universidad de Berkeley (California), el cual se empleó (y todavía se utiliza) , en el análisis estadístico de las causas y los efectos.

En la década de los 70, tres hechos importantes inciden positivamente en el desarrollo de programas de diagnóstico que son:

- La aparición de los microordenadores
- La aplicación de técnicas interjectivas que facilitaban el uso de los microordenadores.
- El desarrollo de la metodología de sistemas expertos.

Los programas eran ya sencillos de manejar, muy dialogantes, capaces de justificar sus resultados y de explicar sus procesos y con un comportamiento similar al de los médicos.

Entre 1974 y 1975 se desarrollaron los primeros Sistemas Expertos en diagnóstico en el campo de la Medicina, que fueron MYCIN, PIP, CASNET e INTERNIST.

Desde el desarrollo del MYCIN hasta nuestros días la Medicina ha sido uno de los campos donde mayor número de sistemas expertos se han construido.

Este desarrollo se ha debido a que:

- La Medicina es una de las ciencias donde la experiencia es fundamental, debido a lo complejo que resulta el comportamiento del cuerpo humano.

- Los conocimientos en medicina son muy extensos, tendiéndose progresivamente a una especialización cada vez mayor.

- Los conocimientos en medicina son muy extensos, tendiéndose progresivamente a una especialización cada vez mayor.

- Existen un gran número de bases de datos médicas.

- En la Medicina es frecuente el uso de datos imprecisos, inciertos e incompletos.

- El uso frecuente de información de tipo simbólico, pues incluso en el caso de los análisis estos son interpretados con unas tablas de normalidad de los mismos.

- Constantemente aparecen nuevos sistemas de análisis y de exploración (el conocimiento es incremental).

- Incluso en el caso de que se utilicen algoritmos de cálculo resulta conveniente que el programa explique los pasos seguidos y justifique los resultados pues está en juego la salud del paciente, y las decisiones que se tomen pueden repercutir en ella.

Resulta curioso que pese a los años transcurridos desde el desarrollo del primer sistema experto en Medicina, la opinión generalizada es de que los sistemas expertos en un futuro cercano mejorarán de una forma sustancial la calidad de la sanidad en Guatemala, aunque casi la totalidad de los sistemas desarrollados no han pasado de la fase de prototipos y ninguno de ellos se ha comercializado con éxito o distribuido con profusión.

Entre las razones que se dan para la lenta introducción de los sistemas expertos están las de tipo social, tecnológico y por último la falta de necesidad de los mismos, ya que realmente todavía no se han hecho imprescindibles.

A todas estas razones se les une, en el caso de los sistemas expertos en medicina: el que las secuencias lógicas en los procesos de diagnóstico clínicos no están todavía completas, a dificultad de la expresión en forma algorítmica o simbólica de los conocimientos fruto de la investigación y la experiencia, al conocimiento incompleto de las probabilidades clínicas y la falta de uniformidad de métodos.

En resumen un sistema experto en medicina simula el comportamiento de un especialista médico en tareas tales como el análisis, diagnóstico, terapia, simulación y educación.

La relación principal entre la medicina y los sistemas expertos radica principalmente en que éstos por sus características y utilizando el "Conocimiento Médico" se pueden inferir respuestas a actividades médicas; especialmente en diagnósticos y recomendaciones para procesos terapéuticos.

Se han construido sistemas basados en modelos simbólicos de tipos de enfermedades y su relación con los síntomas que presentan los pacientes y sus manifestaciones clínicas.

Cuando este campo comenzó a tomar auge (en 1970); se descubrió que lo más difícil para lograr un comportamiento inteligente, esta en recopilar, manipular y almacenar una gran base de factores específicos, en el área del problema. En medicina el problema es típicamente un paciente con alguna enfermedad por ser diagnosticada.

El movimiento creado alrededor de estos sistemas representa un cambio de intentos anteriores en la resolución de problemas generales; a cambio de la solución de un problema no específico, el sistema basado en conocimiento (sistema experto) ha enfatizado ambos, la acumulación de grandes cantidades de conocimientos en un dominio simple y el desarrollo de técnicas del dominio específico para desarrollar un alto nivel de expertaje.

2.2 ADQUISICION, REPRESENTACION Y EXPLICACION DEL CONOCIMIENTO MEDICO EN UN SISTEMA EXPERTO.

2.2.1 Introducción

Se han estado logrando progresos al tratar de formalizar el conocimiento médico; gran parte de este progreso se centra en el problema de la representación del conocimiento médico; o sea la formalización de todos los datos de una enfermedad; por ejemplo, distinguir si una enfermedad es producida por una anterior o por un virus, etc.

La adquisición del conocimiento médico consiste en interactuar con un experto médico (un especialista en algún área específica) para formalizar su conocimiento y sus procedimientos para resolver problemas.

La explicación del conocimiento consiste en llegar a una conclusión basada en los datos compilados en la adquisición del conocimiento y justificar el proceso de razonamiento.

2.2.2 Base de conocimiento médico

2.2.2.1 ¿Qué es y cómo se compone?

Para definir el concepto de base de conocimiento médico debemos diferenciarlo con una base de datos. Los datos consisten de registros que contienen información sobre los pacientes; como nombre, cuarto que ocupa en el hospital, etc. El conocimiento es todo de lo cual se sabe algo; esto incluye los datos, patrones generales existentes, las relaciones entre patrones y los procedimientos y procesos para resolver problemas.

Entonces por ejemplo en una base de datos médica se debe tener información de un paciente en particular para el cual las relaciones entre terapia y medicamento o efectos secundarios, se pueden derivar estadísticamente.

Una base de conocimiento debe contener reglas y un modelo causal que infiera un proceso de diagnóstico y tratamiento; y que explique cómo ocurre el proceso de infección y talvez otro procedimiento que dé reglas de contraindicaciones; o sea una base de conocimiento médico propiamente dicha. Entonces, sus registros contienen procesos de enfermedades, terapias y diagnósticos en general; no tienen información sobre un paciente específico.

El conocimiento médico se puede derivar de una base de datos; pero la mayor parte es basado en la experiencia del médico experto poseedor del conocimiento.

Una característica que diferencia a las bases de conocimiento médico de las bases de datos tradicionales, es que nunca están completas, esto es por dos razones:

1) en medicina se trabaja con niveles de detalle, ya que no se pueden establecer si un estatuto es verdadero o no, ya que siempre se está investigando en biología, química, física, etc.

2) un modelo médico también es incompleto porque está basado en observaciones empíricas en lugar de procesos causales bien definidos y comprendidos; además no es práctico construir sistemas que sepan más que una fracción de lo que cualquier médico sabe acerca del cuerpo y su funcionamiento.

2.2.2.2 Características y criterios para diseñar una base de conocimiento médico

Las bases de conocimiento médico deben ser construidas incrementalmente tanto para tener en cuenta el desarrollo del expertaje de los humanos expertos y el cambio de los juicios sociales.

Otra característica importante de las bases de conocimiento es la modularidad, lo que las hace fáciles de mantener; por lo cual no se tiene que ir a través de códigos complicados para hacer cambios.

Al diseñar se tiene que estudiar y formalizar estructuras primitivas como subtipos, causa, etiología y especialización con el fin de obtener una mejor modularidad; lo importante es determinar el conjunto de primitivas que podrían ser usadas para describir las propiedades temporales de cualquier enfermedad.

En síntesis, los puntos a considerar en el diseño son:

- Una base de conocimiento es inherentemente incompleta; esto es común para representar un solo nivel de conocimiento.
- Para permitir el desarrollo incremental, es importante que su mantenimiento sea fácil.
- Por medio de la modularidad, se enfatizan la explicación y revela los estatutos implícitos en relaciones de enfermedades, procesos de diagnóstico y procesos terapéuticos.

2.2.2.3 Representación del conocimiento médico

2.2.2.3.1 Conceptos básicos

Un aspecto verdaderamente importante y difícil es cómo representar el conocimiento médico, se debe diferenciar la representación externa (diagramas uniendo síntomas y enfermedades), los argumentos técnicos del formalismo (reglas versus causas) y la descripción de la clase de conocimiento que se representa (prototipos de enfermedades, procesos estándar de terapia, etc.).

Al representar el conocimiento debe saberse que una base de conocimiento médico a un nivel básico es descriptible en términos de nodos y enlaces. Generalmente, un nodo corresponde a conceptos médicos; por ejemplo, datos del paciente y enfermedades. La forma de interacción entre nodos y enlaces puede ser por ejemplo la siguiente: si un paciente tiene un síntoma de cierta enfermedad, se marca la representación interna para indicar este aspecto; luego un enlace debe agregarse al nodo de la enfermedad en particular, indicando que en este paciente, esta manifestación es causada por dicha enfermedad; de esta forma el modelo de un paciente específico se construye como un conjunto de posibles síntomas, enfermedades, medicamentos y conexiones entre ellos.

2.2.2.3.2 Conocimiento médico basado en reglas

2.2.2.3.2.1 Introducción

Se han hecho muchos intentos para ayudar a tomar decisiones médicas. La base para algunos programas han sido procesos algorítmicos simples, a menudo implementados como árboles de decisión o estructuras de control más complejas en sistemas especializados en desórdenes específicos; muchos han basado sus diagnósticos en variaciones del teorema de Bayes o en técnicas de investigación de operaciones. Recientemente, se han basado en alguna forma de razonamiento simbólico.

La metodología de producción de reglas se ha aplicado a gran variedad de contextos, con el fin de resolver un amplio rango de problemas. El trabajo más importante empleado este método es el sistema DENDRAL; también el MYCIN se basó en el método anterior.

2.2.2.3.2.2 ¿Cómo funcionan y qué implican?

La fuente primaria del dominio específico del conocimiento es el conjunto de reglas, cada una con una "premisa" y una "acción". La premisa es una combinación booleana de funciones de predicado en asociaciones triples. Cada cláusula de la premisa tiene los siguientes componentes:

<Función de Predicados> <Objeto><Atributo><Valor>

Deben existir un conjunto estandarizado de funciones de predicado (como palabras reservadas que servirán para denotar alguna función específica), por ejemplo IGUAL_A, DEFINIR, etc., algunos atributos por ejemplo SENSIBILIDAD, VISCOSIDAD, etc., y objetos como ORGANISMOS, DROGA, CULTURA, etc., utilizados como primitivas en la construcción de reglas. La premisa es siempre una unión o conjunto de cláusulas, pero pueden contener uniones complejas o uniones anidadas en cada cláusula. En lugar de escribir reglas cuyas premisas puedan ser una unión de cláusulas, se escriben reglas separadas para cada una.

Ejemplo de una regla de una base de conocimiento médico:

```
IF Infeccion IGUAL_A Primaria bacteriana AND
Entrada IGUAL_A Gastro Intestinal
THEN ORGANISMO IDENTIFICADO Bacteroides
```

Fig. 2.1 Ejemplo de regla de producción de un sistema médico

Como un resultado de los orígenes de los programas médicos, los investigadores se refieren a la parte del atributo como parámetro clínico; y a la parte objeto como el contexto.

Las reglas son llamadas en un esquema sin límites que produce una primera búsqueda intensa en un árbol AND/OR; dado un punto establecido; se saca una lista de todas las reglas cuyas conclusiones satisfacen la meta.

Por ejemplo, si la cláusula desconocida es "La identidad del organismo es E. Coli", se establece la submeta que se pone como "Determine la identidad del organismo". La nueva submeta será de la forma "Determine el valor del <atributo>" en lugar de "determine si el <atributo> es igual al <valor>". Generalizando la submeta de coleccionar toda la evidencia sobre un atributo, el programa busca exhaustivamente cada sujeto hasta que es encontrado y agrupa todas las preguntas sobre un tópico dado. El costo es el esfuerzo de deducir y coleccionar información que no es necesaria, es decir, superflua para el análisis que se está ejecutando.

Una segunda desviación de la meta de estas reglas sin límites es que cada regla concerniente a una meta es usada. La premisa de cada regla es evaluada, si es exitosa, se llama su conclusión; esto continúa hasta que se emplea la regla concerniente, o hasta que una de ellas haya dado resultado con certeza.

Cuando el sistema no es capaz de inferir en una respuesta, pregunta al usuario por el valor. Cuando el valor legal de cada atributo es almacenado, la validación de la respuesta del usuario se chequea fácilmente para corroborarlo.

2.2.2.3.2.3 Ventajas y desventajas

En los últimos años se han hecho evaluaciones de varios sistemas expertos médicos basados en reglas de producción; por ejemplo se han aprobado las recomendaciones de terapia de MYCIN en un 72% de las evaluaciones; sin embargo; es factible reconocer las ventajas y defectos que tiene este método.

a) Ventajas:

La tarea de acumulación y administración de una base de conocimiento médico es evolutiva; es una actividad en que tarde o temprano trae problemas; la selección de reglas de producción como una representación del conocimiento, es una respuesta a esto. Una regla de producción es un segmento modular de código bastante estilizado; cada una de las reglas es un simple estatuto condicional. La premisa está restringida a una expresión booleana; la acción contiene una o más conclusiones, y cada una es modular e independiente de la otra. esta modularidad y el código estilizado es un factor importante en la construcción de un sistema que tendrá un alto nivel de competencia; por ejemplo, es más fácil examinar un código estilizado que uno no estilizado, se puede automatizar la integración inicial de nuevas reglas en la base de conocimiento y las reglas se pueden agregar a una lista interna apropiada; también el código estilizado permite la manipulación directa de reglas individuales, facilitando la corrección automática de las interacciones deseables.

b) Desventajas:

La modularidad y estilización también tienen sus desventajas; el requerimiento de modularidad necesita que el conocimiento que se le transmite a la base de conocimiento sea claro y explícito, lo que hace algunas veces que las reglas tengan premisas mediocres y complicadas, casi nada útiles para ayudar a efectuar el análisis. Otro defecto es que no es fácil mapear una secuencia de acciones deseadas; la creación de reglas apropiadas para simular el comportamiento del razonamiento humano no es trivial.

2.3 Componentes generales de un sistema experto médico

2.3.1 Componentes generales

Casi siempre la tarea fundamental en un sistema experto médico radica en hacer un diagnóstico de una enfermedad o seleccionar la terapia para pacientes con una infección específica; este tipo de consultas se requiere casi siempre en un hospital, si el que está atendiendo el sistema no es un experto en el tipo de infección a tratar puede suceder lo siguiente; por ejemplo, cuando un paciente desarrolla una infección después de una operación en el corazón, el problema es de tiempo; un examen clínico (sangre, orina, etc.) obtenida del paciente, puede mostrar evidencia del crecimiento bacterial en 12 horas, pero se requieren de 24 a 48 horas para una identificación positiva. El propósito principal del sistema es dar consejo y esto se hace con un programa de consulta; además de este en un sistema experto hay tres programas adjuntos que incrementan la utilidad y la flexibilidad. Estos son:

Programa pregunta-respuesta:

Tiene un lenguaje natural simple; indaga sobre una consulta específica o conocimiento general basado en el programa.

Programa de explicación:

Provee de elementos de información para llegar a una conclusión particular.

Programa de adquisición de conocimiento:

Se diseña para ampliar el conocimiento, basado en un diálogo con un experto médico o especialista.

2.3.2 Adquisición del conocimiento y corrección de errores

Puesto que el diagnóstico y la terapia de enfermedades es muy grande y constantemente está evolucionando, es claro que un sistema experto médico se debe basar en conocimientos evolutivos. Nuevas investigaciones producen nuevos resultados y modificaciones para los viejos principios (por ejemplo en el tratamiento del cáncer), así que es necesario una amplia gama de capacidades para el manejo de la base de conocimiento. Si aparece un error en alguna parte del sistema durante la consulta, tal vez una identificación de un organismo incorrecto o una mala selección de una terapia; el proceso a seguir es buscar hacia atrás el error a través de las acciones del programa.

Este método tiene una ventaja, ya que al encontrar el error el sistema adquiere nuevos conocimientos por parte del experto. El problema de educar el sistema se puede dividir en tres fases:

- 1) Reabarcamiento del error
- 2) Transferir al sistema el conocimiento necesario para corregir el error
- 3) Integrar el nuevo conocimiento dentro de la base de conocimiento

Las correcciones se especifican agregando nuevas reglas; y tal vez nuevos valores, atributos o modificando las reglas viejas.

2.4 Metas que debe alcanzar un sistema experto médico

Al construir un sistema experto médico se debe hacer bajo algunos requerimientos, los cuales evaluar al sistema:

- 1) El sistema debe ser útil, se quiere tener el interés y asistencia de los expertos en el campo.
- 2) Se debe diseñar el sistema para poder acomodar un gran cuerpo cambiante de conocimientos técnicos.
- 3) Se debe diseñar el sistema con la capacidad de sostener un diálogo interactivo y que pueda dar una explicación coherente del resultado, en lugar de imprimir una colección de órdenes para el usuario. Esto requiere un extenso ingenio humano para hacer una simple interacción para alguien no acostumbrado a las computadoras.
- 4) El sistema debe satisfacer las necesidades de los clínicos que usan el sistema, puesto que solo la tecnología no es suficiente, tiene que ser una herramienta para el médico y no reemplazar su proceso de razonamiento.

2.5 Algunas aplicaciones existentes

Los primeros sistemas expertos médicos se desarrollaron en universidades donde el objetivo no era emprender una aventura para hacer dinero. Por otro lado los sistemas mas recientes, han sido desarrollados en su mayoría para aplicaciones comerciales.

2.5.1 Sistemas desarrollados

Los sistemas expertos en medicina como en otros campos pueden dividirse para su estudio, en dos grandes grupos:

- Los sistemas expertos **desarrollados**, que son los que parten desde el nivel más bajo, por lo que en los mismos se han realizado tareas de ingeniería de software y del conocimiento. La mayoría de estos sistemas expertos se realizaron en la primera etapa (década de los 70).

A continuación se menciona un conjunto de sistema expertos médicos. Algunos no han pasado de la fase de prototipos.

- CASNET (Casual Association NETwork)
WEISS, S. M., KULIWOSKI, C.A. (1974/1978)
Representación del conocimiento mediante redes semánticas.
Diagnóstico y tratamiento de glaucoma.
- DIALOG/INTERNIST/CADUCEUS
POPLE, H.E y MYERS J.D. (1977)
Representación del conocimiento mediante marcos y redes semánticas.
Diagnóstico de enfermedades de medicina interna.
- MYCIN
SHORTLIFE, E.H. BUCHANAN (1974-1977)
Stanford Research Institute
Representación del conocimiento mediante reglas de producción con factores de incertidumbre.
Diagnóstico y terapia de enfermedades infecciosas bacterianas.
- PIP (Present Illines Program)
PAUKER, S.G.
MIT
Rep. del conocimiento mediante marcos.
Motor de inferencia determinístico y probabilístico.
Diagnóstico en nefrología (enfermedades del riñón).
- NEUROLOGIST
REGGIA, J.A
Rep. del conocimiento mediante reglas de producción.
Neurología
- VM
FAGAN
MIT
Basado en MYCIN
Rep. del conocimiento mediante reglas de producción
Monitorización de procesos de reanimación en U.C.I.
- CENTAUR
AIKINS, J.S
Integración de pruebas de función pulmonar

- PATREC/MDX
MITTAL
Universidad de Stanford
Rep. del conocimiento mediante marcos.
Diagnóstico de síndromes coleostáticos (obstrucción de los conductos biliares)
- RADEX
CHADRASEKARAN, B.; MITTAL, S.
Rep. del conocimiento mediante reglas de producción.
Radiología
- NEOMYCIN
CLANCEY, W.J.; LETSINGER, R.
Rep. del conoc. mediante reglas de producción
Basado en MYCIN
Enseñanza en Medicina
- NEPHROS
ASBELL, I.J.
Rep. del conoc. mediante redes semánticas.
Insuficiencias renales
- EMERGE
HUDSON D.L.; COHEN, M.E.
Universidad de California
Diagnóstico de los dolores del tórax.
- AI/COAG
LINDBERG
Rep. del conoc. mediante reglas de producción
Tratamiento en trastornos en la coagulación.
- SPE
WEISS, KULIKOSKI Y GALEN
Rep. del conoc. mediante reglas de producción
Electroferosis
- RX
BLUM, R.L.
Rep. del conoc. mediante reglas de producción
Diagnóstico en reumatología
- CADIAGI
ADLASSING
Rep. del conoc. mediante reglas de producción
Diagnóstico en medicina interna

- ABEL
PATIL E.A.
MIT
Rep. del conoc. mediante redes semánticas
Diagnóstico y tratamiento de alteraciones en el balance electrolítico.
- LOCALIZE
FIRST M.B.; WEIMER B.J.
Rep. del conoc. mediante reglas de producción
Diagnóstico de lesiones en el sistema nervioso periférico
- ANTICIPATOR
KIMURA
Rep. del conoc. mediante reglas de producción, escrito en PROLOG
Prescripción de antibióticos.
- SUSAN
RUSH O.H.; HEALY J. C.
Universidad de Saint Etienne
Enseñanza de la Biofisiología, Terapéutica y Epidemiología.
- MEDIKS
CHANG, L.C.; TOU, J.T.
Rep. del conoc. mediante redes semánticas
Diagnóstico de medicina general.
- XPLAIN
SWARTOUT
Prescripción de la digitalina

Existen un conjunto de sistemas que han demostrado eficiencia y gran utilidad que han servido de base para la implementación de nuevos sistemas; entre ellos el más conocido es el MYCIN. A continuación se describen algunos de los más conocidos, entre ellos el anterior.

2.5.1.1 MYCIN:

Es un programa de consulta médica, desarrollado en Stanford; compara e iguala la ejecución de especialistas humanos en el diagnóstico de meningitis y otras infecciones bacterianas de la sangre. Define el tratamiento con antibióticos para infecciones bacterianas. La razón de ser del sistema se debe a que definitivamente los cultivos de laboratorio son muy lentos; para alguien extremadamente enfermo, la terapia debe empezar en el instante, no dos días después.

Esto deja dos caminos: el médico prescribirá medicina de amplio espectro para cubrir todas las posibilidades; o el médico deberá diagnosticar mejor, medicina específica para la enfermedad, si él tiene un entrenamiento especial requerido para explotar la evidencia disponible.

MYCIN informa acerca de casos particulares solicitando información acerca de los síntomas del paciente, condiciones generales, historia y exámenes rápidos de laboratorio. En cada punto, la pregunta que MYCIN hace, es determinada por la hipótesis actual y las respuestas a todas

las preguntas anteriores. Con ésta clase de ayuda, los muy ocupados pueden considerar más factores.

La base del conocimiento consta de 500 reglas con aproximadamente 100 causas de infecciones bacterianas.

2.5.1.2 ONCOSYN:

Un programa de consulta que recomienda tratamientos de cáncer basados en los tratamientos desarrollados por expertos humanos, desarrollado en Stanford.

ONCOSYN lleva record del progreso del paciente preguntando al doctor acerca del paciente, el tratamiento aplicado hasta el momento y los resultados de las pruebas.

El programa es muy útil porque la quimioterapia del cáncer es muy compleja. La computadora puede también recordar mucho más del tratamiento que el médico, y es constantemente actualizado con los resultados de las investigaciones.

Por ejemplo, si las pruebas muestran que los glóbulos blancos están disminuyendo; ONCOSYN puede sugerir cambios en las medicinas utilizadas y como en todos los programas, los médicos pueden aceptar el consejo o rechazarlo, los doctores tienen la última palabra.

ONCOSYN tiene un programa secundario que explica las bases para la toma de sus decisiones. Si el médico pregunta el porqué alguna recomendación fue hecha, ONCOSYN hace una reseña de sus razonamientos y documenta su decisión con la información que utilizó; con lo cual los médicos pueden tener una mejor idea de la importancia que tienen las sugerencias y en algunos casos, pueden aprender algo que habían olvidado o que no sabían.

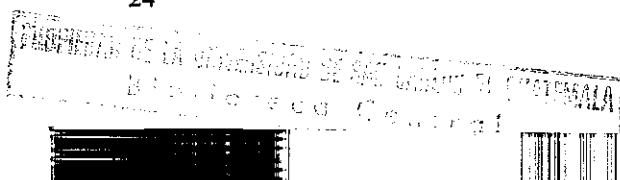
2.5.1.3 INTERNIST:

Se empieza a desarrollar a principios de los años 70's. Su dominio es el campo entero de la medicina interna. Fue desarrollado por el científico en computación Harry E. Pople y por el físico especializado en medicina interna, Jack D. Myers y fue escrito en INTERLISP. Su primera demostración se llevó a cabo en 1974, y desde entonces ha sido utilizado en muchos problemas clínicos difíciles, con un éxito considerablemente notable. Los investigadores han estado trabajando en versiones aun más complejas del sistema, las cuales han llamado CADUCEUS.

El esfuerzo INTERNIST/CADUCEUS está en la tradición de la inteligencia artificial de desarrollar programas que modelen la forma como el ser humano, actualmente, procesa la información.

INTERNIST/CADUCEUS trata todo el rango de la medicina interna, considerando no solamente un gran número de enfermedades, sino que considera todas las posibles combinaciones o interacciones entre estas enfermedades. Un estimado conservador del número de posibles combinaciones es 10 elevado a la 40 potencia.

INTERNIST empieza preguntando al usuario la descripción de las manifestaciones de la enfermedad. INTERNIST tiene dos formas diferentes de funcionamiento, conceptualiza al mundo como un conjunto de manifestaciones o síntomas, cada una de las cuales lleva a otras manifestaciones, que conducen eventualmente a una enfermedad. En efecto, se establece un flujo causal que procede desde atrás, esto es, desde síntomas particulares a otras manifestaciones, y por último llevando a la enfermedad que causa los síntomas.



Una enfermedad recibe un valor positivo por cada una de las manifestaciones que explica; de la misma forma recibe una calificación negativa por cada manifestación que no puede explicar. Adicionalmente, cada una de las hipótesis de enfermedades obtiene un bono si está casualmente conectada con algunas otras enfermedades que también ya han sido confirmadas.

INTERNIST empieza con la enfermedad que obtiene el más alto puntaje y la investiga en detalle. La investigación busca para determinar si manifestaciones que deberían estar presentes, lo están. En algunos casos INTERNIST pregunta por resultados de exámenes que confirmarán la presencia o ausencia de síntomas particulares.

INTERNIST opera con una base de datos bastante grande. En la actualidad, su base de datos maneja más de 500 enfermedades, las cuales cubren cerca del 25% del total de enfermedades de medicina interna.

3. ASPECTOS DEL CÁNCER DE MAMA, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO

3.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cáncer de mama representa una de las más importantes patologías que comprometen la salud y vida de las mujeres.

Aun cuando se mantiene constante la investigación sobre esta enfermedad, poco se ha podido avanzar para abatir la tasa de mortalidad que provoca.

Numerosos años de investigación permiten hoy conocer la historia natural de la enfermedad, identificar factores y grupos de riesgo en la población femenina, estratificar a las pacientes con miras a obtener un mayor beneficio terapéutico. Conocer la importancia del papel hormonal y su impacto en el pronóstico, contar con estrategias terapéuticas y multidisciplinarias con técnicas muy depuradas.

Desafortunadamente, en algunos países, el cáncer mamario continua siendo manejado en forma inadecuada por médicos no especialistas en oncología; esto implica una modificación del pronóstico de la enfermedad, del control de la misma y de la expectativa de vida.

Por lo anterior es importante mantener una educación continua dirigida a la población médica no especializada, que tiene, en la mayoría de casos, el primer contacto con las pacientes; así como también mantener el esfuerzo de educar a la población. De cumplirse estos objetivos se podrán establecer diagnósticos más tempranos y por ende mayores expectativas para las enfermas.

3.2 CONDICIONES GENERALES DEL CÁNCER DE MAMA

El cáncer mamario ocupa ya, en muchos países, el primer lugar como causa de mortalidad en las mujeres. Un elevado número de mujeres con carcinoma, acude al especialista con evidencia clínica de tumor primario, eventualmente diseminado a los ganglios linfáticos loco-regionales. En estas enfermas los exámenes para "estadificación" (serie ósea, Rx. De tórax, ecsonografía abdominal, etc.) no revelan la presencia de metástasis a distancia. Sin embargo, cerca de la mitad de ellas desarrollará en los siguientes años enfermedad metastásica no obstante la resección del tumor primario.

Una vez que esta neoplasia ha metastatizado, la enfermedad queda "fuera del control absoluto" e inevitablemente conduce a la muerte. En estas circunstancias las distintas modalidades terapéuticas, solas o en combinación, sólo bloquean temporalmente los procesos evolutivos hacia la progresión del tumor.

El detallado estudio y la observación clínica de un amplísimo número de pacientes han permitido identificar las características fundamentales de la historia natural de la enfermedad. En la actualidad se considera que la causa del proceso de diseminación que sucede a la resección del tumor primaria, debe ser investigada basándose en que, al momento del diagnóstico ya están presentes la micrometástasis, no detectables con la metodología diagnóstica habitual. De hecho, no se explica de otra forma la escasa influencia que tiene la extensión del tratamiento local sobre el pronóstico y la relativamente elevada tasa de recidivas (residuos de la enfermedad), aún en pacientes con ganglios axilares histológicamente negativos, si no se acepta el concepto de enfermedad sistémica desde su inicio.

Recientemente, un grupo de investigadores ingleses del Hospital Royal Marsden (Londres), demostraron por medio de un anticuerpo anti-antígeno de membrana epitelial, la presencia de células metastásicas aisladas en la médula ósea de las pacientes, en las cuales, todos los exámenes convencionales no indicaban la presencia de metástasis.

El conocimiento de la historia natural del cáncer mamario no concluye aceptando la presencia de micrometástasis desde el inicio en la mayoría de los casos, que tiene como consecuencia lógica la necesidad de establecer un tratamiento sistémico precoz, sino también identificando los factores pronósticos, o bien aquellas características propias del tumor y de la relación huésped-tumor, que hacen que el cuadro clínico de esta neoplasia sea extremadamente variado. Es por esto que se observan una gran cantidad de casos diferentes entre sí, que pueden tener desde un curso muy lento con sobrevida de más de 10 años, hasta casos con curso similar a una leucemia con rápida difusión a todos los órganos conduciendo a la muerte en pocos meses.

Esta última consideración hace indispensable adecuar el esfuerzo terapéutico a la gravedad de cada caso en particular, es necesario por lo tanto una cuidadosa valoración clínico-biológica de cada paciente.

Respecto al tumor primario pueden someterse a consideración varios factores pronósticos, aunque sólo para algunos (compromiso ganglionar, dimensión del tumor, receptores hormonales) está bien definido su papel clínico. Como se sabe, estos factores están en relación con: la extensión del tumor, es decir, el compromiso a los ganglios axilares (positivos o negativos y número de ganglios afectados); la dimensión del tumor en la glándula; las características biológicas intrínsecas del tumor (receptores hormonales, estrógeno y progesterona, grado histológico, índice proliferativo, etc.); otros relacionados con el huésped y su relación con el tumor (edad, estado respecto a la menopausia, invasión a vasos linfáticos, reacciones inmunitarias).

La individualización de los casos seguida de una cuidadosa valoración clínica permite la selección del mejor tratamiento para cada paciente, involucrando siempre las distintas modalidades terapéuticas con el propósito de ofrecer a las enfermas con cáncer mamario, de cuyo cuidado somos responsables, las mejores expectativas posibles de control y sobrevida.

3.3 DEFINICIÓN DEL CARCINOMA DE LA MAMA

Neoplasia que nace en las estructuras glandulares y canaliculares o de conductos de la glándula mamaria.

3.4 EPIDEMIOLOGÍA

El carcinoma de la mama es la forma de cáncer más común y la primera causa de muerte entre las mujeres de 40 a 44 años, es también una de las primeras causas de muerte de 35 años en adelante.

En los Estados Unidos, se registraron 130,000 nuevos casos en 1987, se estima en 40,000 muertes durante el mismo año por esta enfermedad maligna.

Se ha encontrado una mayor frecuencia de dicha entidad patológica en mujeres nulíparas, así como en las mujeres que no tienen su primer embarazo hasta los de 30 años. También se ha podido establecer que la enfermedad responsable de 9,219 muertes (2%) por año en mujeres que sobrepasan los 75 años. Se estima que una de cada 10 mujeres van a desarrollar cáncer de la mama en alguna etapa de su vida.

Recientes estudios han demostrado mayor frecuencia de la enfermedad en la mujer norteamericana, no así la mujer de raza negra que, en forma similar a la mujer latinoamericana y japonesa residentes en los Estados Unidos, presentan menos frecuencia de dicha malignidad.

3.5 ETIOLOGIA

Actualmente, sigue siendo desconocida la causa del cáncer de la mama, no obstante, numerosos autores mencionan algunos factores que parecen predisponer a la población a padecer dicha malignidad, como se describe a continuación:

A. FACTORES HORMONALES

No se ha podido demostrar con exactitud, aunque se ha afirmado por algún tiempo, una alta incidencia de la enfermedad por uso de combinados estrógeno-progesterona como los anticonceptivos orales, teoría esta que se basa originalmente en estudios realizados sin grupos controles. Contrariamente, estudios recientes en los que se ha usado grupos controles, sustentan que tales anticonceptivos no aumentan el riesgo, excepto en mujeres pre-menopáusicas con enfermedad fibroquística, en las que se afirma, si aumentan levemente el riesgo, sin embargo, se ha demostrado que el uso prolongado de estrógenos (10 años o más) en mujeres post-menopáusicas con ovarios intactos, aumenta el riesgo en 2.5 veces. El uso de dietilestrol durante el embarazo también aumenta el riesgo en 1.4 veces.

B. PREDISPOSICIÓN HEREDITARIA

Las evidencias indican que una mujer tiene por lo menos, doble o triple riesgo de padecer cáncer de mama si su madre o hermana padeció la enfermedad. El riesgo tiende a aumentar, pudiendo ser hasta de 9 veces mayor, si su familiar afectada tuvo cáncer de la mama bilateral antes de la menopausia.

C. ENFERMEDAD FIBROQUÍSTICA

Estudios bien documentados demuestran que, de 10 a 15 por ciento de las mujeres en edad fértil desarrollan enfermedad fibroquística lo cual propicia una alta incidencia de la malignidad.

En este aspecto, los resultados han variado, no obstante, la mayoría de los estudios indican que estas mujeres tiene doble riesgo de desarrollar cáncer de la mama.

D. RADIACIÓN

Las mujeres cuyo tejido mamario ha sido expuesto a bajas cantidades de radiación en forma repetitiva, están en alto riesgo de desarrollar cáncer de mama. Ejemplos específicos de esta exposición son las mujeres que se realizan examen fluoroscópico repetitivo, mujeres que recién radiación para el tratamiento de la mastitis post-parto y las mujeres que reciben radiación por acné severo de pecho.

E. OBESIDAD

Numerosos autores señalan que la dieta de la mujer occidental u occidentalizada, contiene elevada cantidad de ácidos grasos, con lo cual tiende a ser obesa, encontrándose en dicha mujer mayor incidencia de esta enfermedad maligna en comparación con la mujer japonesa por ejemplo, donde a pesar del desarrollo industrial, se sigue encontrando menor incidencia de la misma.

F. OTROS

Estudios recientes sugieren que la incidencia del cáncer de la mama, puede estar asociado con el consumo de sustancias que contienen metilxantinas, tales como café, té, coca cola, chocolate, así como el alcohol, de los cuales se puede decir que aumentan el riesgo.

3.6 MORFOLOGÍA

Morfológicamente los carcinomas de la mama pueden clasificarse en infiltrantes y no infiltrantes, así también pueden tener abundante o poco estroma fibroso, algunos secretan mucina y otros se extienden a la piel y producen enfermedad de Paget.

3.7 PATOLOGÍA

Cada mama está compuesta de 15-20 lóbulos glandulares que están dispuestos en forma radial alrededor del pezón.

Los lóbulos están drenados por conductos levemente dilatados antes de abrirse hacia el pezón y están revestidos por epitelio columnar.

Hay varios tipos histopatológicos de cáncer de la mama. La mayoría de tumores primarios de la mama son adenocarcinomas, especialmente intraductal infiltrante y lobular infiltrante.

3.7.1 CLASIFICACIÓN PATOLÓGICA

La clasificación más aceptada y que ha sido adoptada con alguna pequeña modificación por la Organización Mundial de la Salud, es la presentada por Foote y Stewart en 1946, la cual agrupa a los tipos de cáncer de la mama como sigue:

I.- Carcinoma del pezón Enfermedad de Paget

II.- Carcinoma de los conductos

A. No infiltrante

- 1) papilar
- 2) comedón

B. Infiltrante

- 1) papilar
- 2) comedón
- 3) adenocarcinoma con fibrosis (carcinoma escirroso)
- 4) carcinoma medular con infiltración linfoide.

III.- Carcinoma de los lobulillos

A. No infiltrante

B. Infiltrante

Aquí puede agregarse las variedades más raras como:

- Carcinoma mucoide o coloide
- Carcinoma de glándulas sudoríparas
- Carcinoma epidermoide
- Carcinoma edenoide quístico

El comedocarcinoma consiste en colecciones intraductales, no papilares de células cancerosas, a menudo con necrosis central, que al corte de fresco del tumor drena material sebáceo; de ahí el origen del término "comedón".

Carcinoma no infiltrante es sinónimo del término estándar "carcinoma in-situ" y se aplica al cáncer lobulillar y ductal.

3.8 HISTOLOGÍA

1) Carcinoma ductal infiltrante: se observa como cordones sólidos y grupos de células tumorales formando conductos mayores y menores, con o sin reacción de tejido conectivo.

2) Carcinoma lobular infiltrante: es caracterizado por colgajos de células epiteliales de pequeño a mediano tamaño infiltrando una densa matriz fibrosa, algunas veces formando anillos (círculos) concéntricos alrededor de los conductos dilatados normalmente llamados "lesiones del centro blanco".

3) Carcinoma medular con estroma linfoide: es caracterizado por un patrón de crecimiento sincital de células pleomórficas grandes con núcleo vesicular redondo o segmentado y nucleolo prominente. El pleomorfismo celular y la mitosis son frecuentes. este grado de pleomorfismo es designado grado I, mientras que los grados II y III son menos pleomórficos.

4) Carcinoma intraductal: se caracteriza por un crecimiento neoplásico dentro de los conductos mamarios e incluye los tipos sólido, cribiforme, papilar y mixto.

5) Carcinoma mucinoso (Coloide) : es caracterizado por células epiteliales dispuestas en racimos, cordones ordenadas individualmente por abundante mucina extracelular.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

3.9 SIGNOLOGÍA Y SINTOMATOLOGÍA

Entre los signos y síntomas pueden mencionarse:

- 1) Una masa indolora en la glándula
- 2) Irritación de la glándula mamaria
- 3) Exudación
- 4) Retracción del pezón
- 5) Presencia de masas axilares
- 6) Asimetría mamaria
- 7) Úlcera
- 8) Eritema local y edema del brazo
- 9) Piel naranja

Además, los siguientes síntomas son sugerentes de metástasis:

- Anorexia, repugnancia por la carne, adelgazamiento
- Dolores óseos de aparición reciente
- Disnea, tos
- Trastornos de la memoria

3.10 DIAGNÓSTICO

El éxito del tratamiento en el cáncer de la mama, depende en gran parte de un diagnóstico temprano. La historia clínica y el examen físico siguen siendo lo más importante para la detección de la enfermedad.

Esta malignidad es descubierta por los pacientes, general y desafortunadamente, cuando presentan una masa en las mamas cuyas condiciones ya no ameritan el tratamiento de elección.

Es importante promover en todas las mujeres de edad media y avanzada el autoexamen de la mama en forma periódica y sistemática, que podría reducir la fatalidad de dicha enfermedad.

Los estudios al respecto, han demostrado que las pacientes que practican el examen, consultan mucho más temprano que las que no lo hacen y se presentan con un tumor pequeño, lo que demuestra que tal procedimiento constituye las llaves para la detección temprana de la enfermedad y es lo más accesible, económicamente.

A continuación se mencionan los medios diagnósticos en orden de importancia:

a. Mamografía:

Los últimos reportes indican que la eficiencia de esta técnica está contribuyendo grandemente a reducir la mortalidad por cáncer de mama, es hasta ahora la única que puede detectar los tumores de menor tamaño (menos de 0.5 cm.) como se ha demostrado en el Instituto Nacional de Cáncer de los Estados Unidos y el Proyecto de Detección de Cáncer de la Mama de la Sociedad Americana de Cáncer.

En un estudio de 1,153 pacientes, la positividad del examen es de 92% para los casos de cáncer de tamaño previamente conocido y de 93.4% para los tumores de 1 cm. de diámetro.

b. Citología (por punción)

Esta debe practicarse siempre y cuando la historia clínica, el examen físico y la mamografía orienten a la presencia de cáncer de mama. Su especificidad es aproximadamente de un 95%. Además, la punción tiene la ventaja de discriminar una masa sólida de una quística en el momento mismo.

c. Biopsia (Incisional, excisional y por punción)

Actualmente, se recomienda tomar la biopsia por punción y congelar la muestra, lo cual reduce el costo económico del procedimiento y reduce las molestias para la paciente, ya que esta se puede hacer en la clínica de consulta externa y no necesariamente dentro del hospital.

d. Ultrasonido

La ultrasonografía también puede equipararse a la mamografía, ya que puede detectar masas no palpables y tan pequeñas como de 3-4 mm. Además discrimina una masa sólida de una quística, pero encuentra limitación en mujeres post-menopáusicas con abundante tejido adiposo en sus mamas; por lo que se recomienda por algunos autores, sólo en mujeres jóvenes y en edad fértil ya que no ofrece riesgo de radiación.

e. Otros métodos

- Xerografía

Este procedimiento ofrece un estudio más preciso de las mamas densas y la región axilar; sin embargo su uso ha sido desplazado desde que en la mamografía se utilizan las rejillas, con lo cual prácticamente se obtienen los mismos resultados, pero su mayor desventaja es que la dosis de radiación a que se somete la paciente es mayor.

- Diafanografía

Técnica en la que se ve la luz enviada a través de las mamas pero que tiene muchas limitaciones, por lo que ha quedado en desuso.

- Tomografía axial computarizada

Esta técnica ha sido abandonada por el alto costo del equipo, el largo tiempo que se necesita para el examen, la exposición de las pacientes a excesivas cantidades de radiación, uso de medio de contraste intravenoso y que no ofrece ninguna información adicional a la que se obtiene con mamografía convencional.

- Imagen de resonancia magnética

Esta técnica ofrece una especificidad muy por debajo de lo deseado y con altas cifras de falsos-positivos, por lo que no se utiliza.

- Radiografía digital de mama

Este procedimiento permite obtener más información de las películas de Rx, con una baja dosis de radiación inherente. La computarización del sistema ayudará a evitar la sobrexposición de imágenes, evitando así la repetición de muchas tomas, con lo cual actualmente se expone doblemente a la paciente, sin embargo, el alto costo de las mamografías con este sistema excluirá su uso rutinario.

- Determinación de receptores hormonales

Esta determinación se hace con interés pronóstico e interés terapéutico (indicación o no de hormonoterapia).

La presencia de receptores de progesterona (RP +) es factor de un buen pronóstico y en menor importancia, los receptores de estrógenos (RE).

Por último se puede mencionar la determinación de antígenos también con interés pronóstico, encontrándose que las pacientes de cáncer de la mama que tienen altas concentraciones de antígeno Kappa-Caseína, tienen muy poca sobrevida.

-Estadios clínicos

Los estadios clínicos pueden definirse como un intento de identificar la extensión de la lesión maligna, basado en los hallazgos del examen físico y de laboratorio, previo a cualquier procedimiento quirúrgico. La más aceptada es la del sistema TNM (Tumor, Nódulos y Metástasis) que a continuación se describe.

CLASIFICACIÓN TNM PARA CÁNCER DE LA MAMA

La siguiente clasificación ha sido formulada de acuerdo a los hallazgos quirúrgicos y patológicos del tumor:

T = Tumor

Tis (+)	Carcinoma preinvasivo (in situ), Carcinoma intraductal no infiltrante Enfermedad de paget del pezón sin tumor demostrable
To	No evidencia de tumor demostrable
T1	Tumor < 2 cm. en su diámetro mayor T1a sin fijación a la fascia pectoral o al músculo pectoral
T2	Tumor > 2cm. y < de 4.5 cm. En su diámetro mayor. T2a y T2b igual que en el anterior
T3	Tumor > 4.5 cm. en su diámetro mayor T3a y T3b igual que en los anteriores
T4	Tumor de cualquier tamaño con extensión directa a la piel o a la pared torácica (costillas, músculos intercostales, músculo serratum anterior). T4a fijación a la pared torácica T4b edema, infiltración ó ulceración de la piel de la mama, ó nódulos cutáneo satélites en la misma mama.
Tx	Los requerimientos mínimos para evaluar el tumor primario no son llenados

Tabla 3.1 Clasificación de acuerdo a aspectos del tumor

N = Nódulos

No	No existe ganglios palpables axilares ipsilaterales
N1	Ganglios palpables y móviles axilares ipsilaterales
N2	Ganglios axilares ipsilaterales fijos unos a otros o bien a otras estructuras contiguas, con evidencia de invasión
N3	Ganglios linfáticos supra o infraclaviculares con evidencia de infiltración tumoral y edema del brazo
Nx	Los requerimientos mínimos para evaluar el estado de los ganglios no se cumplen

Tabla 3.2 Clasificación de acuerdo a los nódulos

M = Metástasis

Mx	Los requerimientos mínimos para evaluar metástasis a distancia no se cumplen
Mo	No existe evidencia de metástasis a distancia
M1	Con metástasis a un órgano, no deterioro En orden de importancia: Pulmones Huesos Hígado Cerebro Nódulos Linfáticos Médula ósea Pleura Piel Ojo Otros
M2	Más de un sitio afectado con mínimo deterioro del órgano
M3	Múltiples órganos afectados, con mínimo a moderado deterioro
M4	Múltiples órganos afectados, con moderado a severo deterioro

Tabla 3.3 Clasificación de acuerdo a la metástasis

Dependiendo del T N M, los estadios se definen de la siguiente forma:

Estadio T N M

Estadio I	T1a o T1b	No o N1a	Mo
Estadio II	T1a,T1b,T2a, o T2b	No, N1a o N1b	Mo
Estadio IIIa	T1a,T1b,T2a,T2b,T3a,T3b	No, N1 o N2	Mo
Estadio IIIb	Cualquier T	N3	Mo
Estadio IV	Cualquier T	Cualquier N	M1

Tabla 3.4 Clasificación general de estadios de acuerdo al TNM.

3.11 TRATAMIENTO

Por muchos años se practico el tratamiento quirúrgico agresivo, (mastectomía radical y otras) como única alternativa para el cáncer de la mama, especialmente cuando se considero que la primera de ellas, reducía la recurrencia de la enfermedad en un 25% y la curaba en un 50%.

En los últimos años se ha podido establecer que estos procedimientos traumáticos, también han generado morbilidad psicosexual y psicosocial secundaria a su efecto estético. La mayoría de pacientes han necesitado ser tratadas psiquiátricamente y psicológicamente.

Desde el punto de vista del tratamiento holístico, tanto en los Estados Unidos como en Europa se ha experimentado con otros procedimientos menos traumáticos como tumorectomía seguida de radioterapia, cuadrantectomía, seguida de radioterapia y mastectomía simple, seguida de radioterapia y/o quimioterapia con los cuales prácticamente se han tenido resultados similares a los de aquellos procedimientos radicales; además con estos últimos, la cirugía estética tiene mayor éxito.

Actualmente, se recomienda tumorectomía seguida de radioterapia, con excepción de los tumores muy grandes donde algunos autores aún recomiendan la mastectomía radical modificada.

El tratamiento debe estar orientado a dos objetivos:

- a) Tumor primario y regiones ganglionares.
Aquí se recomienda el tratamiento locorregional
(Tumorectomía y Radioterapia local o regional)

- b) Metástasis a distancia
Tratamiento coadyuvante

La tumorectomía puede o no estar acompañada de linfadenectomía axilar. Los protocolos del tratamiento coadyuvante son muy variables, llegándose a combinar hasta cinco medicamentos, pero sólo se mencionan algunos de los más utilizados actualmente:

- a) CICLOFOSFAMIDA, METHOTREXATE Y FLUOROURACILO (CMF)
- b) L-FELILALANINA DE MOSTAZA Y FLUOROURACILO (LFAF)
- c) METHOTREXATE, ADRIAMICINA Y CICLOFOSFAMIDA (MAC)

Si se comprueba la presencia de tumor hormonodependiente, debe darse hormonoterapia supresora (Doforectomía y Radiación), puede ser adictiva (Tamoxifeno y Progestágenos).

Actualmente también se está utilizando la técnica de trasplante de médula ósea con muy buenos resultados; la limitación más importante es el alto costo.

El tratamiento quirúrgico debe ir enseguida y las pacientes deben ser bien seleccionadas (pacientes con alto riesgo de recurrencia); en estadio temprano de la enfermedad y que no haya metástasis a médula ósea.

La definición de un tratamiento quirúrgico es un tema controversial y oscila entre la decisión de hacer cirugía radical específicamente mastectomía radical y cirugía conservadora como tumorectomía ó lumpectomía. Las decisiones van a depender de otros factores como el TNM clínico, la posición del tumor, receptores de estrógenos y progesteronas positivos, alto índice de DNA, herencia, etc.

Para este problema en el presente trabajo trata de dar una solución estándar dando las explicaciones de cada decisión.

3.12 SOBREVIDA

Algunos autores han recomendado la estimación de la sobrevida a los 5 años partiendo de la fecha del tratamiento, en base a los criterios establecidos por Backer y Strax sobre la recurrencia de la enfermedad a los 3 años, a los 5 años o a los 10 años después del tratamiento.

Para lo cual también se ha recomendado el siguiente esquema de seguimiento:
Análisis sintomatológico y un buen examen físico cada 3 meses durante los 2 primeros años, cada 6 meses por 3 años y luego cada año.

Un estudio reciente indica que la sobrevida para los pacientes con cáncer de la mama se observa en la siguiente forma:

- Pacientes con cáncer de la mama con estadio I, 10 años en 80%
- Pacientes con cáncer de la mama con estadio II, 10 años en 60%
- Pacientes con cáncer de la mama con estadio III, 10 años en 40%
- Pacientes con cáncer de la mama con estadio I, 10 años en 10%

En otra clasificación la sobrevida se observa así:

- Pacientes con tumor < de 1 cm. 10 años en un 80%
- Pacientes con tumor de 3-4 cm. 10 años en un 55%
- Pacientes con tumor de 5-7.5 cm. 10 años en un 45%

4. MÉDICO: Un sistema experto para tratamiento de cáncer de mama

MÉDICO es un sistema experto que ayudar al usuario a tomar decisiones para establecer un proceso terapéutico sobre cáncer de mama, tomando en cuenta los diversos factores que lo implican como el historial clínico del paciente, pruebas clínicas, exámenes, medicamentos, etc.

En este capítulo se describen los conceptos que se utilizaron y la metodología empleada para diseñar el sistema.

Inicialmente se hace una breve descripción del sistema y de lo que hace, después se explicarán los pasos en la construcción del mismo, desde el análisis hasta la validación por el experto.

4.1 Descripción del sistema

El objetivo principal del sistema es encontrar un tratamiento del cáncer de mama, basándose en la respuesta a preguntas que se hacen interactivamente al usuario, ya sea con respuestas de SI o NO, u opciones que provee el sistema.

Las preguntas iniciales corresponden a las características del tumor como: tamaño, localización, presencia de ganglios, etc., y posteriormente dependiendo de la inferencia el sistema analiza otros aspectos como edad del paciente, antecedentes familiares, etc. hasta poder definir el estado del paciente y después, inferir un tratamiento completo donde incluye el tipo de cirugía y medicamentos.

El sistema es bastante amigable para el usuario, las preguntas se hacen de forma sencilla y se maneja con menús de respuestas para facilidad; también provee un menú de ayuda general. También se provee de opciones para que el usuario consulte el por qué, de las preguntas, así como para hacer consultas del tipo What If? (Que pasa si?) con alguna variable específica.

Este sistema se diseño para ayudar a estudiantes y médicos poco experimentados en el tema para introducirlos de una forma didáctica y como un apoyo en la toma de decisiones a expertos.

4.2 Análisis

La etapa de análisis comprende un período bastante largo, ya que aquí se requiere de entender el proceso de razonamiento del experto y su formalización para modelarlo en el sistema.

La etapa de análisis comprende la solución de los siguientes problemas:

- Evaluación de la herramienta a utilizar.
- Evaluación e interacción con el experto.
- Adquisición del conocimiento.
- Definición de módulos.
- Interfase con el usuario final.
- Metodología a emplear en la etapa de diseño.
- Alcance del sistema.