UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMATICA

TESIS DE GRADO

"SISTEMA EXPERTO DE DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE APENDICITIS AGUDA"

PARA OPTAR EL TITULO DE LICENCIATURA EN INFORMATICA
MENCION: INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS

POSTULANTE	**:**	**Alejandra Maria Cusi Mayta**
TUTOR	**:**	**Lic. Fátima Consuelo Dolz Salvador MSc.**
REVISOR	**:**	**Lic. Miguel Cotaña Mier MSc.**

LA PAZ – BOLIVIA
2009

Dedicatoria de mi Tesis de Grado

Dedico este trabajo y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.

Le agradezco a mi mamá Alicia Mayta y mi papá Rosendo Cusi ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, gracias por ese cariño y calor humano necesario, por haber velado por mi salud, mis estudios, mi educación y alimentación, a ellos a quien debo todo: horas de consejos, regaños, reprimendas, tristezas y alegrías, de las cuales estoy muy segura que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgullosa.

Le agradezco a mi hermano Wilson Cusi Mayta que ha estado a mi lado compartiendo prácticamente las mismas historias, los mismos pesares y las mismas alegrías, de carácter fuerte y orgulloso pero que me ha demostrado un amor inigualable, una persona capaz de sacrificarse por el bien de su familia.

También le agradezco a Esteban Condori una persona muy especial que forma parte de mi vida, muchas gracias por el apoyo incondicional que me has brindado, por los años de completa alegría.

¡Gracias!

Alejandra Maria
Cusi Mayta

Agradecimientos

Agradezco a la Licenciada Fátima Consuelo Dolz Salvador por su entera dedicación y voluntad de colaborarme para la culminación de la Tesis, por haberme brindado siempre su apoyo incondicional en todo momento, y por su colaboración en el uso de herramientas adecuadas para el presente trabajo, además por alentarme en momentos difíciles a continuar y seguir adelante por sobre todo.

Al Licenciado Miguel Cotaña Mier mi revisor por todos aquellos consejos y sugerencias en aquellos puntos como la redacción, los lenguajes de programación para el desarrollo del Sistema y la culminación del presente trabajo.

¡Muchas gracias y que dios los bendiga!

RESUMEN

La presente tesis plantea un modelo de Sistema Experto a través de la aplicación de las técnicas de la Inteligencia Artificial, el cual capta el conocimiento básico que permite a una persona desempeñarse como un experto frente a problemas complicados, en este caso el Sistema Experto se encarga de diagnosticar el tipo de apendicitis aguda que pueda o no presentar un paciente. La apendicitis Aguda es una afección que se presenta con frecuencia en nuestro medio a raíz de que se forman abscesos dentro del apéndice Se considera como objeto de estudio a enfermedades de los órganos que componen la región del apéndice.

Se diseña el Sistema Experto con las siguientes características: los síntomas del paciente considerados como variables de entrada, una Base de Hechos que almacena los síntomas particulares del paciente, una Base de Conocimientos representado por las Reglas de Producción formalizados por la lógica de predicados que contienen todo el conocimiento del Experto Humano, un motor de inferencia que utiliza la búsqueda en un árbol AND/OR mismo que viene incorporado en el SWI-PROLOG, y finalmente las variables de salida (tipo de diagnóstico y el tiempo de recuperación del paciente después de la intervención quirúrgica).

Posteriormente se realiza la simulación del Sistema Experto a través de un prototipo desarrollado en SWI-PROLOG-EDITOR que en este caso es muy intuitivo y fácil de emplear por lo que puede ser una opción muy recomendable para aquellos que trabajamos con Windows, así mismo, se diseñan también los casos de prueba que permiten verificar los resultados obtenidos, comparándolos con los resultados reales.

De los resultados obtenidos de las pruebas efectuadas, se evalúa el Sistema Experto llegándose a la conclusión de que los diagnósticos obtenidos tienen un grado de confiabilidad de un 80% con respecto al resultado real, que es aceptado por el experto humano.

INDICE GENERAL

1 PRESENTACION

Pág.

1.1 Introducción 1
1.2 Antecedentes 2
1.3 Situación Problemática 4
1.4 Formulación del Problema 5
1.5 Objeto de Estudio 5
1.6 Justificación 5
1.7 Hipótesis 6
1.8 Objetivos 6
1.8.1 Objetivo General 6
1.8.2 Objetivos Específicos 7
1.9 Limites y Alcances 7
1.10 Aportes 7
1.10.1 Aporte Teórico 7
1.10.2 Aporte Practico 8
1.11 Metodología 8
1.11.1 Métodos y Medios de Obtención del Conocimiento 8
1.11.2 Métodos y medios de Investigación Informática 9

2 MARCO DE REFERENCIA

Pág.

2.1 Apendicitis Aguda 11
2.1.1 Epidemiología y Etiología 11
2.1.2 Patogenia 12
2.1.3 Síntomas, Signos y Exámenes 12
2.1.4 Tratamiento 13
2.1.5 Pronostico y Complicaciones 14
2.1.6 Situaciones que Requieren Asistencia Medica 14
2.2 Sistemas Expertos 15
2.2.1 Antecedentes 15
2.2.2 Definición 19

2.2.3 Características 21
2.2.4 Estructura 22
2.2.5 Cuando construir un Sistema Experto 24
2.2.6 Ventajas de los sistemas expertos 25
2.3 Representación del conocimiento 26
2.4 Método de Búsqueda con Retroceso o Backtraking 28
2.5 Lenguajes de Programación: 29
2.5.1 Swi-Prolog 29
2.5.1.1 Generalidades 29
2.5.1.2 Características 30
2.5.2 Lisp 31
2.5.2.1 Generalidades 31
2.5.2.2 Antecedentes 32
2.5.2.3 Características 33

3 MARCO PRACTICO

Pág.
3.1 Descripción de Métodos 34
3.1.1 Método de Diagnóstico 34
3.1.2 Estructuración del conocimiento 35
3.2 Arquitectura del Sistema Experto 36
3.2.1 Base de conocimientos 37
3.2.2 Mecanismo de Inferencia 40
3.2.3 Modulo de Explicaciones 43
3.2.4 Interface con el usuario y anamnesis 43

4 PROCESO DE INVESTIGACION

Pág.
4.1 Descripción formal del Sistema Experto 46
4.2 Representación del Experimento 53
4.3 Validación del modelo 56

5 PARTE FINAL

Pág.

5.1 Conclusiones.....58

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1	Matriz causa-efecto	4
Tabla 2.1	Experto humano vs. Sistema experto	22
Tabla 2.2	Operaciones sobre las proposiciones	27
Tabla 3.1	Regla con factor de peso Máximo	41
Tabla 3.2	Regla con factor de peso Mínimo	41
Tabla 4.1	Casos de estudio	56
Tabla 4.2	Resultados obtenidos por el sistema experto	57

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Apéndice 5
Figura 1.2 Operacionalización de Variables 6
Figura 2.1 Apendicitis 11
Figura 2.2 Áreas de la Inteligencia Artificial 16
Figura 2.3 Áreas de los Sistemas Expertos 18
Figura 2.4 Representación del conocimiento 19
Figura 2.5 Arquitectura de un Sistema Experto 23
Figura 2.6 Representación de la Lógica Proposicional 26
Figura 3.1 Características Generales de la Apendicitis Aguda 34
Figura 3.2 Diagnóstico Etiológico de la Apendicitis Aguda 35
Figura 3.3 Estructuración general del SEDTAA 36
Figura 3.4 Factor de Certeza 40
Figura 3.5 Árbol AND/OR 42
Figura 3.6 Comunicación Médico-Paciente 44
Figura 4.1 Descripción formal del sistema experto 46
Figura 4.2 Pantalla de Respuesta 54
Figura 4.3 Pantalla de Salida 55
Figura 4.4 Pantalla de Respuesta 55
Figura 4.5 Pantalla de Salida 56

CAPITULO I

1 PRESENTACION

1.1 INTRODUCCION

La Inteligencia Artificial (I.A.) es la ciencia de la computación que diseña máquinas para realizar varias tareas iguales o mejor que el ser humano; la Inteligencia Artificial abarca 4 áreas de estudio como ser: Simulación de la Capacidad Sensorial Humana, Robótica, Lenguajes Naturales y Sistemas Expertos.

Un sistema experto es un software que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema, almacena conocimientos de expertos para un campo determinado y soluciona un problema mediante la deducción lógica de conclusiones. El campo de los Sistemas Expertos tiene mayor número de aplicaciones prácticas en el área de la Inteligencia Artificial, siendo dichas aplicaciones de utilidad en distintas áreas como la Medicina. Por tanto, el presente trabajo será para la especialidad de Gastroenterología, el cual plantea el desarrollo de un sistema experto que permita determinar un diagnóstico y posterior tratamiento de la Apendicitis Aguda.

La Apendicitis Aguda es una enfermedad muy frecuente y por esta razón la apendicectomía es la operación de urgencia más practicada; sin embargo, aunque parezca mentira, no ha sido bien conocida ni interpretada hasta finales del siglo XIX, debido a este desconocimiento a lo largo de muchos milenios la Apendicitis Aguda, se ha comportado como una auténtica plaga para la especie humana, pues quienes la padecían, en un porcentaje muy alto, morían.

Aunque hubo algunas interpretaciones aisladas sobre el origen apendicular de las inflamaciones de la fosa ilíaca derecha, no es hasta 1886 cuando Reginal H. Fitz, patólogo de la Facultad de Medicina de Harvard y del Massachusetts General Hospital de Boston, puso en evidencia el origen apendicular de las enfermedades como tiflitis y peritiflitis y la necesidad de extirpar el apéndice lo antes posible para tratar la apendicitis aguda.

Este proceder, con algunas excepciones, se difundió rápidamente por el mundo entero, con lo que disminuyó de forma espectacular la mortalidad a causa de la Apendicitis Aguda.

Después de algunas consideraciones sobre el tratamiento quirúrgico de la Apendicitis Aguda, y además sobre las técnicas quirúrgicas, se concluye con el relato de anécdotas y curiosidades de esta enfermedad en diversos personajes que, con variada suerte, sufrieron el padecimiento, superándolo en unos casos y muriendo en otros.

Es así que el presente trabajo plantea el desarrollo de un Sistema Experto que permita determinar un Diagnóstico y posterior Tratamiento de la Apendicitis Aguda, ya que cuanto más temprano sea el diagnóstico, mayores serán las probabilidades de recibir una atención médica adecuada, un mejor pronóstico, menores molestias y un periodo de convalecencia más corto.

En el Capítulo Dos de la presente Tesis se conceptualizan todas las Bases Teóricas como: la representación del conocimiento, las estrategias de inferencia y razonamiento, y el método formal (árboles AND/OR y el método de búsqueda con retroceso) del Sistema Experto. En el Capítulo Tres se describe la aplicación de los métodos utilizados, además del modelo informal.

En el Capítulo Cuatro se presenta el modelo formal y la representación del experimento con el método de búsqueda. En el Capítulo 5 se ven las respectivas conclusiones del presente Trabajo de Investigación.

1.2 ANTECEDENTES

De acuerdo a la investigación realizada se establece que la Apendicitis Aguda se presenta más frecuentemente en la segunda y la tercera década de la vida. Sin embargo, puede ocurrir a cualquier edad y afecta por igual a ambos sexos. Es por ello que es necesario un diagnóstico oportuno para tratar a tiempo este tipo de enfermedad. En la Carrera de Informática se han desarrollado variados trabajos de Sistemas Expertos aplicados en el campo de la Medicina tales como:

- ✓ Alejandro Herrera Miranda, "Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de la Epilepsia", UMSA-Informática/2006, Implementar un sistema experto para ayudar en el diagnóstico y tratamiento de la epilepsia, mediante un modelo de lógica difusa, procedimientos de inferencia y la aplicación informática para emular la habilidad de tomar decisiones de un experto;

- ✓ Silvana Gladis Lima Mendoza, "Sistema Experto para el Diagnóstico de Anemia y Poliglobulía Mediante Hemograma", UMSA-Informática/2007, Desarrollar un prototipo del sistema experto que proporcione un diagnóstico de anemia y Poliglobulía considerando el examen hematológico, utilizando lógica difusa;
- ✓ José Edwin Chambi Cahuapaza, "Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento del Cáncer de Próstata", UMSA-Informática/2007, Desarrollar un sistema experto para dar un diagnóstico y tratamiento adecuado del cáncer de próstata mediante el uso de lógica difusa;
- ✓ Bertha Beatriz Sirpa Pillco, "Sistema Experto para el Diagnóstico Infarto Cardiaco", UMSA-Informática/2007, Desarrollar un sistema experto que permita el diagnóstico de las posibilidades reales de tener un infarto Cardiaco mediante el uso de lógica difusa, basado en diez factores de riesgo (edad, sexo, índice de masa corpórea, presión arterial, colesterol total, colesterol bueno, homocisteína, triglicéridos, diabetes y tabaquismo);
- ✓ Silvia Roxana Aruni Fernández, "Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Enfermedades Neurológicas Prevalentes", UMSA-Informática/2008, Proponer y desarrollar un sistema experto que diagnostique el tiempo pronóstico de recuperación y el grado de parálisis facial coadyuvando con el profesional no capacitado en el área neurológica.

A continuación se enunciaran algunos de los Sistemas Expertos que existen a nivel mundial aplicados en el campo de la Medicina:

- ✓ MYCIN: Es el primer Sistema Experto que llegó a funcionar con la misma calidad que un experto humano. Es un sistema de diagnóstico y prescripción en medicina, altamente especializado, diseñado para ayudar a los médicos a tratar con infecciones de meningitis y bacteriemia;
- ✓ TROPICAID: Permite obtener información adicional sobre los medicamentos más usados. Este selecciona un conjunto de posibles diagnósticos a partir del análisis del cuadro médico, y propone un tratamiento óptimo para el caso concreto;
- ✓ SPACEMED: Este es un Sistema Experto de diagnóstico rápido en casos de envenenamiento, resultado de la inhalación de contaminantes tóxicos liberados en la cabina o en la nave espacial.

1.3 SITUACION PROBLEMÁTICA

En el presente trabajo se detallan las siguientes causas y efectos de cada problema identificado (Ver Tabla 1.1):

Tabla 1.1 Matriz Causa – Efecto

	PROBLEMA	CAUSA	EFECTO	SOLUCION
1	El tiempo asignado al examen del paciente es insuficiente.	No se cuenta con las herramientas modernas de diagnóstico clínico.	Incertidumbre del paciente por los resultados.	Obtener un diagnóstico más rápido que el experto humano sin la necesidad de equipamiento médico.
2	La especialidad de Gastroenterología es muy amplia y compleja.	Inadecuado diagnóstico del paciente.	Preocupación de los familiares del paciente al no saber más de la enfermedad para ayudarlo.	Los Centros de Salud deben proporcionar folletos sobre la apendicitis aguda a los familiares del paciente.
3	El tiempo asignado al tratamiento del paciente es limitado.	El médico puede no haber realizado un estudio minucioso acerca de la enfermedad.	Se puede ocasionar daños irreversibles en el paciente.	Crear un S.E. que colabore con el tratamiento de la enfermedad, para ayudar al paciente.
4	Poca comunicación entre el medico y el paciente.	No existe una buena comunicación entre medico y paciente.	Se puede ocasionar un tratamiento inadecuado del paciente.	El S.E. ayudará tanto al paciente como al médico para que se tenga una mejor comunicación.
5	No se cuenta con médicos especializados en horarios fuera de consulta.	El paciente puede sufrir de molestias en cualquier momento.	En ciertas ocasiones si la enfermedad es grave el paciente puede morir.	El Sistema Experto ayudará a los médicos que se encuentren de turno.
6	El paciente no conoce los problemas que se puede ocasionar al no seguir el tratamiento asignado.	El paciente no cumple el tratamiento que debe seguir después de su operación.	El paciente deberá seguir tratamiento aun mas largo del que fue previsto por el medico.	Con el S. E. se obtendrá una información actual acerca del tratamiento de esta enfermedad.

Fuente: [Elaboración propia, 2009]

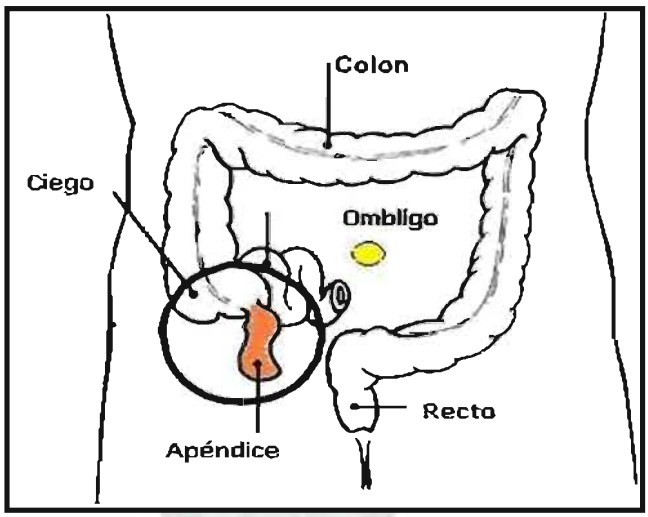
1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿El Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de la Apendicitis Aguda coadyuvará a médicos y enfermeras en la toma de decisiones oportunas?

1.5 OBJETO DE ESTUDIO

Investigación para el diagnóstico y tratamiento de pacientes que padecen de enfermedades del sistema digestivo que se generan más frecuentemente en la zona de: la cavidad bucal, estómago, vesícula biliar, páncreas, región del intestino delgado y grueso, y el **apéndice** (Ver Figura 1.1).

Figura 1.1 Apéndice



Fuente: [Pérez, 2007]

1.6 JUSTIFICACION

Al implementar este trabajo de investigación, se brinda un sólido fundamento teórico y de mucha importancia, además de que brinda beneficios en la toma de decisiones. Por eso es que se pretende implementar una herramienta basada en árboles que parte de los síntomas y signos del paciente, además de los exámenes complementarios que este se debe de realizar, que luego dará como resultado el diagnóstico y tratamiento del tipo de Apendicitis Aguda que pueda presentar.

Se justifica técnicamente ya que el software a ser desarrollado contiene una base de conocimientos sólido proporcionado por el experto humano, que aplicada a las reglas de producción mediante el motor de inferencia, se podrá tomar decisiones de manera rápida.

La salud del ser humano es de vital importancia, por tanto, éste debe de encontrarse con una salud estable, caso contrario debe de acudir a un centro de salud para su respectivo chequeo médico; de ahí nace la contribución del Sistema Experto ya que beneficia de manera indirecta al paciente y/o usuario del software, por que se llegará a diagnosticar si el paciente tiene Apendicitis Aguda, para que posteriormente pueda ser tratada, ya que si esta enfermedad no es tratada a tiempo el paciente puede llegar a morir.

1.7 HIPOTESIS

H_i : El modelo de diagnóstico y tratamiento de Apendicitis aguda colaborará de manera eficiente en el diagnóstico y tratamiento del paciente.

De la hipótesis planteada anteriormente se puede definir la variable dependiente y la variable independiente (Ver Figura 1.2).

Figura 1.2 Operacionalización de Variables

Fuente: [Elaboración propia, 2009]

1.8 OBJETIVOS

1.8.1 Objetivo general

Desarrollar un Sistema Experto para el diagnóstico y posterior tratamiento de la Apendicitis Aguda, mediante aplicaciones informáticas para emular la habilidad de toma de decisiones de un experto.

1.8.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar una base de conocimiento, con la experiencia del Gastroenterólogo, mediante la lógica de proposiciones;
- ✓ Diseñar un mecanismo de inferencia para el manejo de la Base de conocimientos en base a las reglas de producción;
- ✓ Construir un motor de inferencia mediante el método de búsqueda con retroceso ó backtraking aplicado a un árbol AND/OR que contiene los síntomas del paciente;
- ✓ Desarrollar un prototipo del sistema basado en conocimiento para diagnóstico del paciente utilizando el lenguaje Swi-Prolog.

1.9 LIMITES Y ALCANCES

La presente Tesis abarca el desarrollo de un Sistema Experto de Diagnóstico y Tratamiento de enfermedades gastrointestinales como la Apendicitis Aguda mediante un Sistema Experto basado en Reglas Producción. El diagnóstico se lo realiza mediante la evaluación del nivel de gravedad en base a los síntomas y las pruebas adicionales que presente el paciente, para que luego se llegue a establecer el tratamiento más optimo que debe seguir el paciente.

Los alcances de la presente tesis comprende el diagnóstico y evaluación que se realizan en los principales órganos que componen la región del: intestino grueso, el ciego y el apéndice; en donde se realiza la intervención quirúrgica denominada Apendicectomía.

1.10 APORTES

1.10.1 Aporte Teórico

La aplicación de un Sistema Experto que realice el diagnostico y tratamiento de enfermedades gastrointestinales como es la Apendicitis Aguda.

El planteamiento de una arquitectura de sistema experto específica para el diagnostico y tratamiento de Apendicitis Aguda.

La construcción de la base de conocimientos mediante el conocimiento que tiene el especialista para que esta pueda ser utilizada en el momento que sea requerida.

El diseño de un conjunto de reglas de producción que representen de manera fidedigna el conocimiento del experto gastroenterólogo.

Se proporciona una herramienta nueva e innovadora en nuestro medio que desafía las técnicas tradicionales existentes en nuestro medio.

1.10.2 Aporte Práctico

El diseño y elaboración de un Sistema Experto de Diagnostico y Tratamiento de Apendicitis Aguda es innovador ya que el mismo combinara habilidades y conocimientos adicionales en el campo de la medicina permitiendo de esta manera que enfermeras atiendan a pacientes que vienen al centro de salud con este tipo de enfermedad y actúen de manera inmediata.

1.11 METODOLOGIA

El desarrollo de la presente tesis se apoya en el Método Científico, que sirve de guía en la organización de todo el proceso de investigación, el mismo que llegará a cubrir los requerimientos necesarios para que los objetivos planteados se lleguen a cumplir.

1.11.1 Método y Medios de Obtención del Conocimiento

En la presente Tesis para la obtención del conocimiento se sigue los siguientes pasos:

- ✓ **Observación:** El ingeniero del conocimiento observa detalladamente la forma en la que trabaja y procede del médico, al mismo tiempo va anotando todo el proceso que se debe seguir para diagnosticar y realizar el tratamiento adecuado al paciente;
- ✓ **Entrevista:** El conocimiento que el Ingeniero del Conocimiento adquiere, se la obtiene mediante preguntas y el planteo de problemas acerca de los casos de esta enfermedad al Gastroenterólogo para ello, se debe evitar que el experto pueda irse por las ramas, en esta etapa se puede obtener la información y aclarar los conocimientos;
- ✓ **Protocolo de análisis:** El ingeniero del conocimiento sabe a priori que conocimiento necesita y de que forma es conveniente llegar a la obtención del conocimiento, este método permite unir todas las pistas de manera estructurada;

- ✓ **Examen:** El ingeniero del conocimiento prepara pruebas y problemas referentes a la enfermedad, para que el gastroenterólogo los resuelva y luego le explique al ingeniero del conocimiento de que manera los ha resuelto, esta parte puede ser primordial, ya que mediante ella se puede llegar a completar la Base de Conocimientos del Sistema;
- ✓ **Informes:** El Gastroenterólogo explica de manera detallada en forma oral y escrita los distintos tipos de problema que le hubiere planteado el Ingeniero del Conocimiento, además de su forma de resolución, esta etapa es la más ideal para iniciar la Base de Conocimientos;
- ✓ **Inductivo:** El ingeniero del conocimiento, obtiene el conocimiento de toda una serie de ejemplos tipo resueltos (en el caso de que el experto no este disponible). Este método ayuda en la formación de la hipótesis, planteando cómo partiendo de casos particulares que son una parte del universo, los cuales basados en la experiencia del Gastroenterólogo, se logra alimentar la Base de Conocimientos, para que el Sistema Experto pueda realizar el diagnóstico y tratamiento en casos posteriores.

  Con el método propuesto se podrá dar solución a la problemática planteada, además de que se podrá probar la veracidad de la hipótesis [Hernández, 2003].

1.11.2 Métodos y Medios de Investigación Informática

La construcción del sistema experto se da previa confirmación que el sistema a de resolver el problema planteado de la mejor manera, y no existen otros métodos de resolución que sean más eficaces. Es así, que el presente trabajo toma en cuenta las siguientes fases:

- ✓ **Definición del problema a resolver-** La tarea más importante a la hora de desarrollar un sistema basado en conocimiento consiste en establecer el problema a ser solucionado. Consiste en el reconocimiento de tareas para las cuales la construcción del sistema resulta posible, adecuado y justificado;
- ✓ **Búsqueda del experto humano-** La función del experto es la de poner sus conocimientos especializados a disposición del ingeniero del conocimiento, ya que éste los estructura y formaliza en la base de conocimiento. Resulta a veces difícil encontrar a esa persona que está dispuesta a colaborar en la construcción de un sistema que valore sus estudios y experiencia para que perdure en el tiempo;
- ✓ **Diseño del sistema experto-** En esta parte se hace el diseño del sistema de acuerdo a los requisitos del análisis previo, el cual está compuesto por el diseño de cada

componente del sistema experto, la base de conocimientos, el motor de inferencia que utiliza la lógica y la interfaz de usuario;

- ✓ **Elección de la herramienta de desarrollo-** La elección de la herramienta dependerá de la naturaleza y magnitud del problema, el mismo que en lo posible debe ofrecer una interfaz que apoye al desarrollo rápido de las aplicaciones;
- ✓ **Construcción y prueba del prototipo-** Se debe adecuar al entorno real para establecer las interfaces de usuario y evaluar su rendimiento, con las modificaciones apropiadas. Si el prototipo no pasa las pruebas requeridas, las etapas anteriores deben ser repetidas hasta que se obtenga un prototipo satisfactorio.
- ✓ **Refinamiento y generalización-** En esta etapa se corrigen los fallos y se incluyen nuevas posibilidades que no hayan sido incorporadas en el diseño inicial.
- ✓ **Mantenimiento y puesta al día-** En esta parte el usuario es quien plantea los problemas o defectos del prototipo, corrige los errores, actualiza el producto con nuevos avances.

Todas estas etapas influyen en la calidad del sistema experto resultante, que siempre debe ser evaluado en función a aporte que realicen los usuarios [Weiss&Kulikowski, 1984].

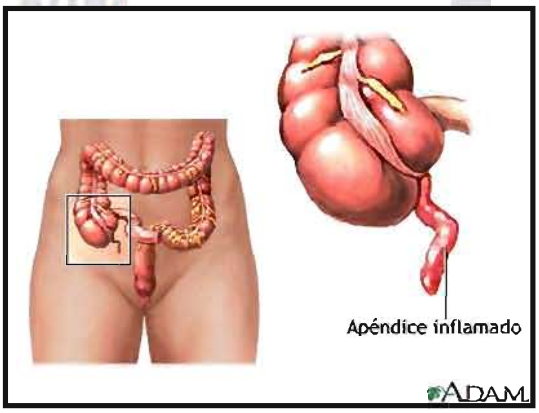
CAPITULO II

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 APENDICITIS AGUDA

La Apendicitis es la inflamación del apéndice (Ver Figura 2.1), normalmente los casos de Apendicitis requieren de un procedimiento quirúrgico llamado Apendicectomía bien por laparoscopia o por laparotomía que no es más que la extirpación del apéndice inflamado [Pérez, 2007].

Figura 2.1 Apendicitis



Fuente: [Pérez, 2007]

2.1.1 Epidemiología y Etiología

La Apendicitis puede ocurrir a cualquier edad, aunque la incidencia máxima ocurre con mayor frecuencia en el segundo y tercer decenio de la vida, esta enfermedad es la causa más frecuente de dolor abdominal súbito e intenso y de cirugía abdominal de urgencia. La principal teoría de la fisiopatología de la Apendicitis, basado en evidencias experimentales apunta hacia un taponamiento de la luz del apéndice por un apendicolito, las infecciones pueden también ocluir la luz del apéndice – la presencia de semillas es muy raro – lo cual

causa una obstrucción con aumento de la presión por la producción de mucosidad propia del órgano. El aumento progresivo de la presión intraapendicular va ocluyendo la luz del órgano y por presión externa resulta en trombosis y oclusión primero los capilares linfáticos, luego los venenosos y al final los arteriales, conduciendo a isquemia que evoluciona a gangrena, necrosis y posteriormente a perforación. La perforación del apéndice aumenta el riesgo de mortalidad del paciente. Esta ruta de progresión de la enfermedad se interrumpe con el tratamiento quirúrgico y muy rara vez se recupera espontáneamente.

Las bacterias intestinales forman pus dentro y alrededor del Apéndice y el resultado es una peritonitis, que conlleva a una sépsis infecciosa y disfunción orgánica múltiple y eventualmente la muerte. Entre los agentes que causan bloqueo del apéndice se encuentran los cuerpos extraños, trauma físico, gusanos intestinales y linfadenitis. El bloqueo por acumulación de apendicolitos aparecen en el apéndice debido a una retención fecal en el colon derecho y una prolongación en el tiempo del transito fecal por esa región. Los pacientes con Apendicitis Aguda tienen un menor número de movimientos intestinales por semana en comparación con la población control. Varios estudios ofrecen evidencias que una dieta baja en fibra tiene importancia en la patogénesis de la Apendicitis, ello puede ir asociado a un aumento en el reservorio fecal del colon derecho, pues la carencia de fibra en la dieta aumenta el tiempo de transito fecal [Pérez, 2007].

2.1.2 Patogenia

La inflamación del Apéndice produce con el tiempo una obstrucción de la luz del órgano, la cual conlleva a una acumulación de las secreciones de la mucosa con aumento consecuente de la presión intraluminal. De proceder el cuadro inflamatorio y obstructivo, se comprimen las arterias y venas causando isquemia e invasión bacteriana a la pared del apéndice con necrosis, gangrena y ruptura si no se trata de inmediato [Pérez, 2007].

2.1.3 Síntomas, Signos y Exámenes

Los síntomas de la apendicitis aguda varían y puede ser difícil diagnosticarla en niños pequeños, ancianos y mujeres en edad fértil. Clásicamente, el primer síntoma es el dolor alrededor del ombligo, este dolor inicialmente puede ser vago, pero cada vez se vuelve más agudo y grave. Es posible que se presente inapetencia, náuseas, vómitos y fiebre baja.

A medida que se incrementa la inflamación en el apéndice, el dolor tiende a desplazarse a la parte inferior derecha del abdomen y se concentra directamente sobre el apéndice en un lugar llamado el punto de McBurney.

Si se presenta ruptura del apéndice, el dolor puede disminuir brevemente y la persona puede sentirse mejor; sin embargo, una vez que se infecta e inflama el revestimiento de la cavidad abdominal (una afección llamada peritonitis), el dolor empeora y la persona se torna más enferma.

El dolor abdominal puede empeorar al caminar o toser y es posible que la persona prefiera quedarse quieta debido a que los movimientos súbitos le causan dolor. Los síntomas tardíos abarcan: escalofríos, estreñimiento, diarrea, fiebre, inapetencia, nauseas, temblores, vomitos.

Si la persona tiene apendicitis, el dolor se le incrementa cuando el médico libera súbitamente la presión después de presionar con suavidad el área inferior derecha del vientre.

Si hay peritonitis, tocar el área del vientre puede causar un espasmo muscular. La exploración rectal puede revelar sensibilidad pélvica o abdominal en el lado derecho del cuerpo.

Los médicos generalmente pueden diagnosticar la apendicitis por la descripción que la persona da de los síntomas, el examen físico y las pruebas de laboratorio solas.

En algunos casos, se pueden necesitar exámenes adicionales, como: Exámenes de laboratorio y exámenes complementarios [Pérez, 2007].

2.1.4 Tratamiento

Si se trata de un caso no complicado, un cirujano extirpará el apéndice poco tiempo después de que el médico considere que la persona podría tener la afección.

Si la operación revela que el apéndice está normal, el cirujano lo extirpará y explorará el resto del abdomen para buscar otras causas del dolor.

Si una tomografía computarizada revela que la persona tiene un absceso a raíz de la ruptura del apéndice, primero se puede realizar el tratamiento y hacer extirpar el apéndice después de que la infección y la inflamación hayan desaparecido [Pérez, 2007].

2.1.5 Pronóstico y Complicaciones

Si se extirpa el apéndice antes de que se rompa, la persona probablemente se recupere muy pronto después de la cirugía. Si el apéndice se rompe antes de la cirugía, la recuperación posiblemente será más lenta y habrá mayor probabilidad de desarrollar un absceso u otras complicaciones como: Conexiones anormales entre los órganos abdominales o entre estos órganos y la superficie de la piel; Abscesos; Infección de la herida; Peritonitis [Pérez, 2007].

2.1.6 Situaciones que requieren Asistencia Médica

La persona debe llamar al número local de emergencias si:

- ✓ Su dolor es grave, súbito e intenso;
- ✓ Tiene fiebre junto con dolor;
- ✓ Está vomitando sangre o tiene diarrea con sangre;
- ✓ Tiene el abdomen rígido, duro y sensible al tacto;
- ✓ Es incapaz de defecar, sobre todo si también está vomitando;
- ✓ Tiene dolor en el pecho, el cuello o el hombro;
- ✓ Tiene vértigo o mareo.

La persona debe consultar con el médico si desarrolla dolor abdominal en la porción inferior derecha de su vientre o cualquier otro síntoma de apendicitis. También debe llamar al médico si:

- ✓ Tiene náuseas y falta de apetito;
- ✓ Está perdiendo peso involuntariamente;
- ✓ Tiene ojos o piel amarillentos;
- ✓ Presenta distensión abdominal por más de 2 días;
- ✓ Tiene diarrea por más de 5 días, o si su bebé o su niño ha tenido diarrea durante 2 días o ha estado vomitando durante 12 horas (Se debe llamar inmediatamente si un bebé menor de 3 meses tiene diarrea o vómito);
- ✓ Ha tenido molestia abdominal por más de 1 semana;
- ✓ Presenta ardor al orinar o está orinando más a menudo de lo usual;
- ✓ Tiene dolor y puede estar embarazada;
- ✓ Su dolor empeora cuando toma antiácidos o come algo [Pérez, 2007].

2.2 SISTEMAS EXPERTOS

2.2.1 Antecedentes

A comienzos de los años 50 el conocido Alan Mathinsong Turing publicó "Inteligencia y Funcionamiento de las Máquinas", con el fin de demostrar hasta que puntos estos tienen inteligencia. En estos años se dieron varias definiciones de lo que significaba la inteligencia en una máquina. Sobre lo que denominamos la Inteligencia Artificial. Según Elaim Reich la Inteligencia Artificial es el estudio de cómo hacer que los ordenadores hagan cosas que, en estos momentos, hace mejor el hombre. Para Alexander Sport (1971), la Inteligencia es: la capacidad que tiene un ser vivo ó una máquina de ordenar informaciones, extensas observaciones, experiencias, descubrir interrelaciones para abstraer de esta forma cosas y poderlas ligar entre sí. Uno de los primeros sistemas expertos se llamó DENDRAL y era capaz de calcular o descubrir hechos relativos a la estructura molecular a partir de unos datos químicos sin elaborar. Otros sistemas expertos famosos son MYCIN que diagnostica enfermedades de la sangre y que sugiere un tratamiento y PUFF, un sistema similar pero para enfermedades de pulmón.

En 1955, Newell y Simon desarrollan la Teoría de la Lógica. Este desarrollo permitió desarrollar un programa que explotaba la solución a un problema utilizando ramas y nudos, seleccionando únicamente las ramas que más parecían acercarse a la solución correcta del problema.

En 1956, se celebra una conferencia en Vermont (USA) de gran trascendencia en el desarrollo de la Inteligencia Artificial, John McCarthy propone por primera vez el uso del término "Inteligencia Artificial" para denominar el estudio del tema.

En 1957, aparece la primera versión de "The General Problem Solver" (GPS, Solucionador General de Problemas), un programa capaz de solucionar problemas de sentido común pero no problemas del mundo real como diagnósticos médicos. El GPS utilizaba la teoría de retroalimentación de Wiener.

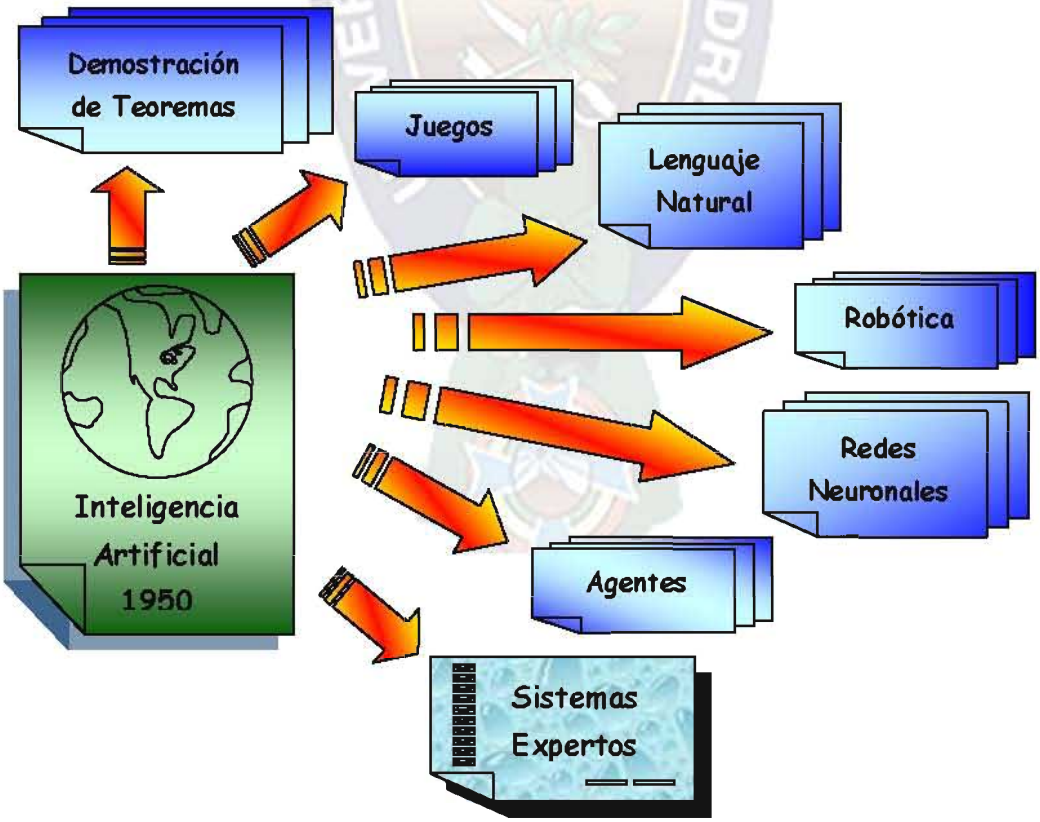
En 1958, McCarthy anuncia su nuevo desarrollo, el lenguaje LISP (List Procesing), el lenguaje de elección para todos aquellos desarrolladores inmersos en el estudio de la Inteligencia Artificiales.

En 1963, el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) recibe una subvención de 2.2 millones de dólares del gobierno de los Estados Unidos en concepto de investigación en el

campo de la Inteligencia Artificial (Ver Figura 2.2). De esta forma, se comprueba la importancia que el Gobierno concede a la investigación dentro de ese campo.

En 1965, aparece DENDRAL, el primer sistema experto. En ese año cuando Feigenbaum entra a formar parte del departamento de informática de Stanford. Allí conoció a Joshua Lederberg, el cual quería averiguar cual era la estructura de las moléculas orgánicas completas. El objetivo de DENDRAL fue estudiar un compuesto químico. El descubrimiento de la estructura global de un compuesto exigía buscar en un árbol las posibilidades, y por esta razón su nombre es DENDRAL que significa en griego "árbol". Antes de DENDRAL los químicos sólo tenían una forma de resolver el problema, esta era, tomar unas hipótesis relevantes como soluciones posibles, someterlas a prueba comparándolas con los datos. La realización de DENDRAL duró más de diez años (1965-1975). Se le puede considerar el primer sistema experto. En 1965, también se empezaron a utilizar técnicas para la resolución de problemas que se caracterizaban por la búsqueda heurística como modelo para la resolución de problemas, y con ellas comenzó la investigación y desarrollo de los sistemas expertos.

Figura 2.2 Áreas de la Inteligencia Artificial



Fuente: [Velásquez, 2008]

En 1972, en la Universidad de Stanford se desarrolla MYCIN, sistema experto dentro del campo de la medicina para el diagnostico de enfermedades infecciosas en la sangre. Desde los resultados de análisis de sangre, cultivos bacterianos y demás datos, el programa era capaz de determinar, o en lo menos, sugerir el microorganismo que estaba causando la infección. Después de llegar a una conclusión, MYCIN prescribía una medicación que se adaptaba perfectamente a las características de la persona, tales como el peso corporal de este. Al mismo tiempo, David Marr propone nuevas teorías sobre la capacidad de reconocimiento visual de las diferentes máquinas. El mismo año aparece el lenguaje PROLOG basado en las teorías de Minsky.

En 1973, se desarrolla el sistema experto llamado TIERESIAS. El cometido de este sistema experto era el de servir de intérprete entre MYCIN y los especialistas que lo manejaban, a la hora de introducir nuevos conocimientos en sus base de datos. El especialista debía utilizar MYCIN de una forma normal, y cuando este cometiera un error en un diagnóstico (hecho producido por la falta o fallo de información en el árbol de desarrollo de teorías) TEIRESIAS corregiría dicho fallo destruyendo la regla si es falsa o ampliándola si es eso lo que se necesita.

En 1979, aparece XCON, primer programa que sale del laboratorio, su usuario fue la Digital Equipament Corporation (DEC). El cometido de XCON sería configurar todos los ordenadores que saliesen de la DEC. El proyecto presentó resultados positivos y se empezó a trabajar en el proyecto más enserio en diciembre de 1978. En abril de 1979, el equipo de investigación que lo había diseñado pensó que ya estaba preparado para salir, y fue entonces, cuando se hizo una prueba real, esperando resolver positivamente un 95% de las configuraciones, este porcentaje tan alto se quedó en un 20% al ser contrastado con la realidad; XCON volvió al laboratorio, donde fue revisado y a finales de ese mismo año funcionó con resultados positivos en la DEC.

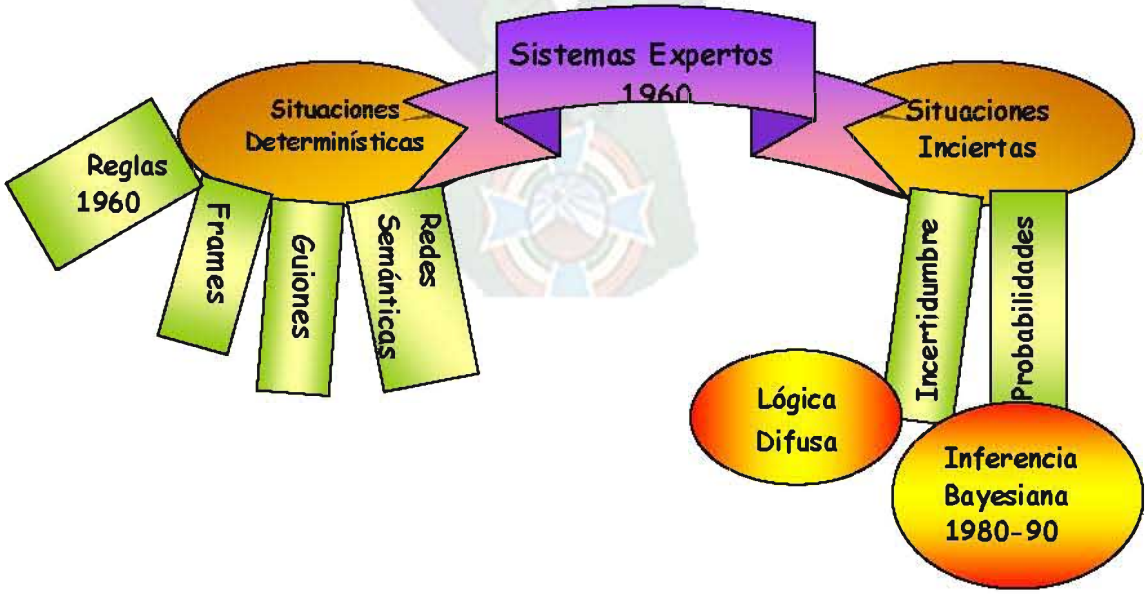
En 1980, se instauró totalmente el DEC. Y en 1984, el XCON había crecido hasta multiplicarse por diez. El XCON supuso un ahorro de cuarenta millones de dólares al año para la DEC. Entre los año 80 a 85 se produce la revolución de los sistemas expertos. En estos cinco años sen crearon diversos sistemas expertos como el DELTA, de General Electric Company, para la reparación de locomotoras diesel y eléctricas. “Alto en Disco” para la reparación de calderas hidrostáticas giratorias usadas para la eliminación de bacterias. Se crearon multitud de empresas dedicadas a los sistemas expertos como Teknowledge Inc., Carnegie Group, Symbolics, Lisp Machines Inc., Thinking Machines Corporation, Cognitive Systems Inc., formando una versión total de 300 millones de dólares. Los productos más

importantes que creaban estas nuevas compañías eran las "máquinas Lisp", que se trataba de unos ordenadores que ejecutaban programas LISP con la misma rapidez que en un ordenador central, y el otro producto fueron las "herramientas de desarrollo de sistemas expertos".

En 1987 XCON ya no es rentable. Los técnicos de DEC tuvieron que actualizar XCON rápidamente llegándose a gastar más de dos millones de dólares al año para mantenimiento y algo parecido ocurrió con DELTA. El mismo año aparecieron los microordenadores Apple y compatibles IBM con una potencia parecida a los LISP. El software se transfirió a máquinas convencionales utilizando el lenguaje C lo que acabó con el LISP.

A partir de los 90 y con el desarrollo de la informática, se produce un amplio desarrollo en el campo de los Sistemas Expertos (Ver Figura 2.3), pudiéndose afirmar que estos se han convertido en una herramienta habitual en determinadas empresas en la actualidad. La evolución histórica de los métodos utilizados en el desarrollo de los sistemas expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando la Inteligencia Artificial y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución. El desarrollo del LISP y PROLOG condicionó esa evolución, así como investigaciones en diversos campos relacionados. Los primeros sistemas expertos que se desarrollaron en los años 60 eran capaces de resolver sólo problemas basados en situaciones determinadas, mediante sistemas de reglas. Es a partir de los 70 cuando se empiezan a resolver problemas basados en situaciones inciertas, basados en medidas difusas al principio y en redes probabilísticas con posterioridad.

Figura 2.3 Áreas de los Sistemas Expertos



Fuente: [Velásquez, 2008]

2.2.2 Definición

Los sistemas expertos son programas que reproducen el proceso intelectual de un experto humano en un dominio especifico, mejorando su productividad, ahorrar tiempo y dinero, conservar sus valiosos conocimientos y difundirlos más fácilmente.

Antes de la aparición del ordenador, el hombre ya se preguntaba si se le arrebataría el privilegio de razonar y pensar. En la actualidad existe un campo dentro de la inteligencia artificial al que se le atribuye esa facultad: el de los sistemas expertos. Estos sistemas permiten la creación de máquinas que razonen como el hombre, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitado (Ver Figura 2.4). En teoría pueden razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, economista, arquitecto, analista, empresario) para resolver un problema en un dominio en particular.

Existen palabras que deben definirse para entender mejor a los sistemas expertos, estas son:

- ✓ **Información:** es cuando los datos son interpretados y útiles para una persona. Por ejemplo, nota de aprobación mayor o igual a 51% es información, porque tiene una interpretación objetiva para un grupo de estudiantes y les sirve para tomar decisiones;
- ✓ **Conocimiento:** conjunto de reglas, hechos, verdades, razones y los datos heurísticos recopilados por el ingeniero del conocimiento. Cabe señalar que las acciones dependen exclusivamente del conocimiento de los expertos que se adquieren por la experiencia y por reglas de "sentido común";

Figura 2.4 Representación del Conocimiento

Fuente: [Velásquez, 2008]

- ✓ **Ingeniero del conocimiento:** asume funciones de analista, decide si el sistema propuesto es factible, recopila el conocimiento que integra la base de conocimientos y pone dicha base en condición funcional, también debe cerciorarse de que el sistema sea utilizable y seguro, satisfacer los objetivos que se plantea, además debe estructurar conjuntamente con el experto y formalizar sus conocimientos poniéndolos a disposición de un ordenador de forma que este pueda resolver en función al ámbito del problema, de la misma forma que lo hubiera hecho un experto;
- ✓ **Sistema Informático Convencional:** maneja información numérica y soluciona sus problemas mediante el uso de algoritmos o procesos repetitivos fijos, que fueron programados con anterioridad y que esperan siempre el mismo tipo de datos de entrada para procesarlos y generar respuesta. Un sistema convencional no proporciona explicación de su respuesta y el mantenimiento y la modificación esta a cargo del programador y analista y no así del usuario final;
- ✓ **Experto Humano:** un experto humano es una persona competente en un área determinada del conocimiento, son irremplazables, además:
    - **Son personas raras:** por su escaso número como su comportamiento poco ortodoxo;
    - **Son caros:** por ser pocos y por el tiempo de aprendizaje;
    - **No siempre están disponibles:** por ser humanos se jubilan o mueren y se llevan todo, actualmente tienen un aprendiz;
    - **Existen expertos informales:** tienen mal carácter;
    - **El experto humano** adquiere su conocimiento de forma práctica y en algunos casos es difícil transmitir de una persona a otra en forma oral o escrita. El experto humano se actualiza constantemente asistiendo a reuniones, cursos, seminarios y trasmite sus conocimientos de la misma manera.
- ✓ **Sistema Experto:** Un sistema experto, es experto en un campo muy reducido del saber (dominio), su estrategia general de resolución es el motor de inferencia, el conocimiento está en forma de unidades elementales que puedan relacionarse con otras y que le permiten conocer cual de ellas ha actuado, cuando y porque, esto hace que el motor de inferencia, la base de hechos y la base de conocimiento, sean completamente independientes y son por naturaleza declarativos.

En consecuencia se puede definir un Sistema Experto como: Un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para

resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana, para su solución.

Un Sistema Experto es un sistema de aplicación informática que emula la habilidad de tomar decisiones de un experto (especialista) humano. El término **emular** significa que el Sistema Experto tiene el objetivo de actuar en todos los aspectos como un experto humano. Una emulación es mucho más fuerte que una simulación, ya que la simulación es la representación del comportamiento de un proceso por medio de un modelo material cuyos parámetros y cuyas variables es la reproducción del proceso estudiado (hacer aparecer como real algo que no lo es) [Velásquez, 2008].

2.2.3 Características

Una de las características principales de los Sistemas Expertos es que están basados en reglas, es decir, contienen unos conocimientos predefinidos que se utilizan para la toma de decisiones. Así, un sistema experto es un cuerpo de programas de ordenador que intenta imitar e incluso superar en algunas situaciones a un experto humano en un ámbito concreto de su actividad. No pretende, en absoluto, reproducir el pensamiento humano, sino simplemente la pericia de un profesional. Esta pretensión es más sencilla ya que en algunos campos reducidos los expertos trabajan siguiendo reglas, aunque, generalmente, no sean conscientes de ello.

En aquellos campos en los no sea necesario aplicar la intuición ni el sentido común, los sistemas basados en el conocimiento han conseguido notables éxitos, consiguiendo en ocasiones ser más regulares y rápidos que los propios expertos.

Dada la complejidad de los problemas que usualmente tiene que resolver un Sistema Experto, puede existir cierta duda en el usuario sobre la validez de respuesta obtenida. Por este motivo, es una condición indispensable que un Sistema Experto, sea capaz de explicar su proceso de razonamiento o dar razón del porqué solicita tal o cual información o dato.

En consecuencia la función de un Sistema Experto es la de aportar soluciones a problemas, como si de humanos se tratara, es decir, capaz de mostrar soluciones inteligentes. Y la pregunta surge ¿Cómo es posible? Es posible gracias a que el sistema lo crean con expertos (humanos), que intentan estructurar y formalizar conocimientos poniéndolos a disposición del sistema, para que este pueda resolver una función dentro del ámbito del problema, de igual forma que lo hubiera hecho un experto (Ver Tabla 2.1).

Acceder a los conocimientos adquiridos por experiencia es lo más difícil, ya que los expertos, al igual que las otras personas, apenas los reconocen como tales. Son buscados con mucho esfuerzo y cuidado siendo descubiertos de uno en uno, poco a poco [Velásquez, 2008].

Tabla 2.1 Experto Humano Vs. Sistema Experto

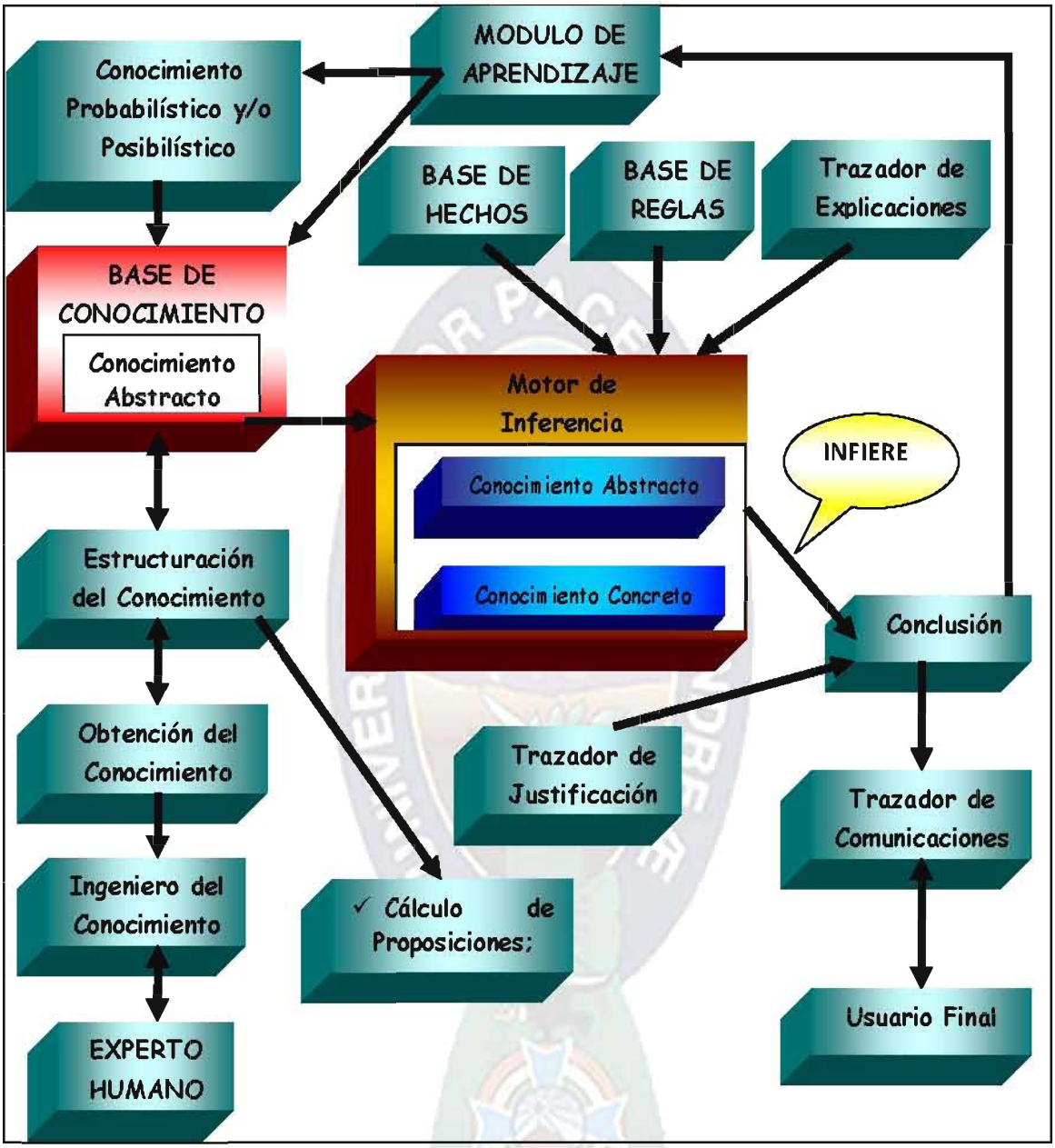
SISTEMAS CONVENCIONALES	SISTEMA EXPERTO	EXPERTO HUMANO
✓ Representa y usa datos; ✓ Algorítmico; ✓ Proceso repetitivo; ✓ No examina; ✓ No explica; ✓ Naturaleza y cantidad de información requerida puede ser bien estimada.	✓ Conocimiento adquirido; ✓ Área único; ✓ Explicación siempre; ✓ Capacidad limitada; ✓ Reproducible SI; ✓ Vida infinita; ✓ Tipo de datos simbólica; ✓ Resolución heurística; ✓ Proceso inferencial; ✓ Examina su propio razonamiento; ✓ Modificación frecuente; ✓ Tiempo de respuesta adecuada; ✓ Solución satisfactoria; ✓ Justificación SI; ✓ Fácil de transferir; ✓ Fácil de documentar; ✓ Consistente; ✓ Resuelve problemas para los que no existe un modelo matemático adecuado o solución compleja; ✓ Almacena el conocimiento del experto y hace accesible a más personas; ✓ No creativo; ✓ Requiere mantenimiento.	✓ Conocimiento = adquirido + innato; ✓ Área múltiple; ✓ Explicación a veces; ✓ Capacidad no evaluable; ✓ Reproducible NO; ✓ Vida finita; ✓ Alto desempeño; ✓ Tiempo de respuesta rápida; ✓ Solución óptima; ✓ Confiable; ✓ Comprensible; ✓ Difícil de documentar; ✓ Difícil de transferir; ✓ Impredecible; ✓ Más caro; ✓ Creativo; ✓ Adaptable; ✓ Experiencia sensorial.

Fuente: [Velásquez, 2008]

2.2.4 Estructura

Una característica decisiva de los Sistemas Expertos es la separación entre conocimiento (reglas, hechos) por un lado y su procesamiento por el otro. A ello se añade una interface de usuario y un componente explicativo (Ver Figura 2.5).

Figura 2.5 Arquitectura de un Sistema Experto



Fuente: [Velásquez, 2008]

- ✓ **Experto humano-Ingeniero del conocimiento:** estructura y fundamentar su conocimiento, por las preguntas formuladas por el ingeniero del conocimiento;
- ✓ **Estructuración del conocimiento:** mediante el uso de la lógica;
- ✓ **Conocimiento abstracto:** validez general, reglas, espacios probabilísticos (ejemplo: en el caso médico, síntomas de todas las diferentes enfermedades);

- ✓ **Conocimiento concreto:** validez particular (ejemplo: síntomas particulares de cada paciente en estudio);
- ✓ **Base de conocimiento:** elemento que almacena el conocimiento abstracto y lo pone a disposición del motor de inferencia para su posterior tratamiento;
- ✓ **Justificación:** capacidad de justificar sus conclusiones;
- ✓ **Explicación:** capacidad de explicar cada paso que siguió hasta encontrar la conclusión;
- ✓ **Motor de inferencia:** la función principal es aplicar el conocimiento abstracto al conocimiento concreto para sacar conclusiones. La estructuración del motor de inferencia está en base a la Base de Hechos y la Base de Reglas;
- ✓ **Conclusión:** es una de las partes fundamentales dentro de los sistemas expertos, porque a diferencia de un sistema de base de datos que obtiene la solución mediante querys, un sistema experto debe inferir (inferencia hacia delante e inferencia hacia atrás) la solución, para lo cual debe hacer uso de métodos de búsqueda y heurísticas, que le permitan razonar de la misma forma que el experto humano;
- ✓ **Conocimiento probabilística, posibilístico:** el razonamiento de todo ser humano no se basa en la lógica binaria, sino de varios valores e incluso valores probabilísticos;
- ✓ **Aprendizaje:** permite la incorporación de una nueva regla a la base de conocimientos;
- ✓ **Base de hechos:** se trata de una memoria temporal auxiliar que almacena los hechos del usuario, hechos iniciales del problema, y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del proceso de resolución;
- ✓ **Base de reglas:** a través de ella se puede saber no sólo el estado actual del sistema sino también cómo se llegó a él;
- ✓ **Obtención del conocimiento:** permite al ingeniero del conocimiento, y/o experto, la construcción de la base de conocimiento mediante diferentes métodos propios de los sistemas expertos [Velásquez, 2008].

2.2.5 Cuando construir un Sistema Experto

Se decide construir un Sistema Experto, con el fin de obtener un experiencia, formar a un grupo de especialistas, mantenerse al día de nuevas tendencias, como ser:

- ✓ **Si la experiencia es importante,** escasa o se pierde o se requiere cada vez en más lugares simultáneamente, o en entornos hostiles;
- ✓ **Si la variación de los problemas** es tan rápida que no permite la formación de los expertos humanos;

- ✓ **El problema no debe requerir sentido común:** ni inspiración para su solución, sino más bien debe requerir conocimiento, juicio y experiencia de un experto para su solución y además debe beneficiar a un conjunto de usuarios;
- ✓ **El conocimiento a utilizar** no debe estar contenido en libros o manuales y si lo esta no debe existir un método definido y único que soluciones el problema [Velásquez, 2008].

2.2.6 Ventajas de los Sistemas Expertos

Los sistemas expertos cuentan con las siguientes ventajas:

- ✓ **Peligro reducido:** el Sistema Experto puede ser usado en ambientes que podrían ser peligrosos para los seres humanos;
- ✓ **Permanencia:** la experiencia es permanente en los Sistemas Expertos;
- ✓ **Experiencia múltiple:** el conocimiento de varios especialistas podrían estar disponibles para trabajar simultáneamente;
- ✓ **Mayor confiabilidad:** al proporcionar una segunda opinión los Sistemas Expertos aumentan la confianza;
- ✓ **Explicación:** explicación clara y detalladamente el razonamiento que conduce a una conclusión;
- ✓ **Respuesta rápida:** dependiendo del software y del hardware un sistema experto puede estar más dispuesto que un especialista;
- ✓ **Respuestas sólidas, completas y sin emociones, en todo momento:** es importante cuando el especialista no esta de toda su capacidad a causa de la presión y de la fatiga;
- ✓ **Tutoría inteligente:** puede actuar como tutor inteligente dejando que el estudiante ejecute programas de ejemplo y explicando el razonamiento del sistema.

La posibilidad de poder emular la inteligencia humana ha despertado la curiosidad del ser humano desde tiempos remotos. Actualmente el duro, difícil y cambiante mercado competitivo se vuelve más complejo por la gran diversidad de información que se ven obligados a almacenar y analizar, razón por la cual las empresas se ven en la necesidad de recurrir a poderosas y/o robustas herramientas o sistemas que les sirvan de soporte a la hora de tomar decisiones. De esta forma los Sistemas Expertos están siendo adoptados por más organizaciones.

Finalmente los Sistemas Expertos representan una nueva oportunidad en el área de informática, abren sendas que hasta la fecha estaban cerradas a aplicaciones específicas y permiten abordar nuevos problemas, las ideas y las técnicas que se utilizan en los Sistemas

Expertos se han empleado por más de dos décadas, sin embargo, fue hasta hace muy poco que adquirieron relevancia y comenzaron a ser explotados por la industria y el comercio. En el futuro, a medida que se produzcan nuevas arquitecturas de equipos que soporten de una manera más directa la ejecución de los Sistemas Expertos, y que se perfeccione la tecnología, es razonable esperar un desarrollo de sistemas que se acerquen asintóticamente al comportamiento humano en muchas áreas [Velásquez, 2008].

2.3 REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO

Un sistema experto es el resultado de la colaboración de uno o varios especialistas en el tema de estudio y los ingenieros del conocimiento o creadores del sistema, con los usuarios en mente.

Los expertos humanos suministran el conocimiento básico en el tema de interés, y los creadores del sistema trasladan este conocimiento a un lenguaje, que el sistema experto pueda entender. Esta no es la única forma de obtener el conocimiento por parte de los creadores del sistema experto, por ello para representar el conocimiento adquirido por el ingeniero del conocimiento se sugiere la utilización de la lógica proposicional.

- ✓ **Lógica Proposicional:** cálculo proposicional ó lógica proposicional, cálculo sentencial, álgebra Booleana, se puede representar de la siguiente manera (Ver Figura 2.6):

Figura 2.6 Representación de la Lógica Proposicional

Fuente: [Velásquez, 2008]

La lógica proposicional es la parte de la lógica que estudia las formas de relación que se da entre las proposiciones que componen un razonamiento.

Las **proposiciones ó hechos** están definidas como un pensamiento completo, es decir, son una sentencia declarativa, o reglas que tienen valores de verdad, una proposición puede tener dos valores, verdadero o falso. Pero no ambos (verdadero y falso) y tampoco pueden no tomar ningún valor.

Para nuestro propósito las proposiciones pueden ser tentativamente igual a una sentencia, pueden estar expresadas a través de variables (**p, q, r, s,…**).

Los conectivos lógicos y operadores establecen las relaciones entre dos o más proposiciones.

La función principal de los operadores es la de formar una nueva proposición de una o más proposiciones, en el cálculo proposicional, normalmente las operaciones sobre las proposiciones se clasifican según su importancia de la siguiente manera (Ver Tabla 2.2):

Tabla 2.2 Operaciones sobre las proposiciones

GRUPO	CONCEPTO	CONECTOR	SIMBOLO	SIGNIFICADO
MONODICO	Envuelve solamente una expresión de la declaración.	**NEGACIÓN**	¬	No es verdad
DIADICO	En vuelve dos proposiciones	**AND**	^	Y
		OR	v	O
		CONDICIÓN	→	Si…Entonces
		BICONDICIONAL	↔	Sí y solo si

Fuente: [Velásquez, 2008]

- ✓ **Reglas de Producción:** El método más común para representar el conocimiento es mediante las reglas de producción. El dominio de conocimiento representado se divide, pues, en pequeñas fracciones de conocimiento o reglas **SI…ENTONCES…**. Cada regla constará de una parte denominada condición y de una parte denominada acción.

  Ejemplo: **SI** el termómetro marca 39º

  ENTONCES el paciente tiene fiebre.

Una característica muy importante es que la base de conocimientos es independiente del mecanismo de inferencia que se utiliza para resolver los problemas. De esta forma, cuando los conocimientos almacenados se han quedado obsoletos, o cuando se dispone de nuevos conocimientos, es relativamente fácil añadir reglas nuevas, eliminar las antiguas o corregir errores en las existentes. No es necesario reprogramar todo el sistema experto. Las reglas suelen almacenarse en alguna secuencia jerárquica lógica, pero esto no es estrictamente necesario. Se pueden tener en cualquier secuencia y el motor de inferencia las usará en el orden adecuado que necesite para resolver un problema [Castillo, 1998].

2.4 METODO DE BUSQUEDA CON RETROCESO O BACKTRAKING

Dentro de las técnicas de diseño de algoritmos, el método de Búsqueda con Retroceso ó Vuelta atrás (del inglés *Backtracking*) es uno de los de más amplia utilización, en el sentido de que puede aplicarse en la resolución de un gran número de problemas, muy especialmente en aquellos de optimización como en los algoritmos Voraces que se va construyendo la solución por etapas, siempre avanzando sobre la solución parcial previamente calculada.

También en este caso se puede utilizar la Programación Dinámica para dar una expresión recursiva de la solución, si se verifica el principio de óptimo, y luego calcularla eficientemente. Sin embargo, ciertos problemas no son susceptibles de solucionarse con ninguna de estas técnicas, de manera que la única forma de resolverlos es a través de un estudio exhaustivo de un conjunto conocido a priori de posibles soluciones, en las que tratamos de encontrar una o todas las soluciones y por tanto también la óptima.

Para llevar a cabo este estudio exhaustivo, el diseño Vuelta Atrás proporciona una manera sistemática de generar todas las posibles soluciones siempre que dichas soluciones sean susceptibles de resolverse en etapas.

En su forma básica, la Vuelta Atrás se asemeja a un recorrido en profundidad dentro de un árbol cuya existencia sólo es implícita, y que denominaremos **árbol de expansión**. Este árbol es conceptual y sólo haremos uso de su organización como tal, en donde cada nodo de nivel *k* representa una parte de la solución y está formado por *k* etapas que se suponen ya realizadas. Sus hijos son las prolongaciones posibles al añadir una nueva etapa. Para examinar el conjunto de posibles soluciones es suficiente recorrer este árbol construyendo soluciones parciales a medida que se avanza en el recorrido.

En este recorrido pueden suceder dos cosas. La primera es que tenga éxito si, procediendo de esta manera, se llega a una solución (una hoja del árbol). Si lo único que buscábamos era una solución al problema, el algoritmo finaliza aquí; ahora bien, si lo que buscábamos eran todas las soluciones o la mejor de entre todas ellas, el algoritmo seguirá explorando el árbol en búsqueda de soluciones alternativas. [Brassard, 1998].

Para la búsqueda con retroceso se siguen los siguientes pasos:

1 Crear una lista de nodos **LABIERTA**;

2 Hasta encontrar fallo ó meta, realizar:

Si **LABIERTA = vacío**, terminar con fallo, caso contrario continuar;

Seleccionar el primer nodo de **LABIERTA** y llamarlo **m**;

Si **m = lp** ó **m** no tiene sucesores, eliminar de **LABIERTA** sino continuar;

Generar un nuevo sucesor **m'** de **m** e introducir al principio de **LABIERTA** creando un puntero a **m**, indica que dicha rama fue considerada;

Si **m'** es meta salir, devolviendo camino de solución;

Si **m'** se encuentra en callejón sin salida eliminar de **LABIERTA**, continuar con paso 2. [Velásquez, 2008].

2.5 LENGUAJES DE PROGRAMACION

2.5.1 Swi- Prolog

2.5.1.1 Generalidades

SWI-PROLOG es una implementación en código abierto del lenguaje de programación Prolog, desarrollado en 1987 por Jan Wielemaker.

El nombre SWI deriva de Sociaal-Wetenschappelijke Informatica ("Informática de Ciencias Sociales"), el antiguo nombre de un grupo de investigación en la Universidad de Amsterdam en el que Wielemaker está integrado. El nombre de ese grupo se cambió posteriormente a HCS (Human-Computer Studies).

El lenguaje de programación SWI-Prolog ofrece un completo software libre, licenciado bajo la GNU Licencia Pública Menos. Junto con su kit de herramientas de gráficos XPCE, su desarrollo ha sido impulsada por las necesidades de **las aplicaciones del mundo real.** En estos días SWI-Prolog es ampliamente utilizado en la investigación y la educación, así como para aplicaciones comerciales. Está orientado a la resolución de problemas mediante el cálculo de predicados, basado en: Preguntas y Pruebas matemáticas.

El programa en SWI-PROLOG especifica cómo debe ser la solución, en vez de dar el algoritmo para su resolución. La solución se obtiene mediante búsqueda aplicando la lógica de predicados.

En los lenguajes de programación (FORTRAN, PASCAL, C, JAVA), las instrucciones se ejecutan normalmente en orden secuencial, es decir, una a continuación de otra, en el mismo orden en que están escritas, que sólo varía cuando se alcanza una instrucción de control (un bucle, una instrucción condicional o una transferencia).

Los programas en swi-prolog se componen de *cláusulas de Horn* que constituyen reglas del tipo "modus ponendo ponens", es decir, "Si es verdad el *antecedente*, entonces es verdad el *consecuente*". No obstante, la forma de escribir las cláusulas de Horn es al contrario de lo habitual. Primero se escribe el consecuente y luego el antecedente. El antecedente puede ser una conjunción de condiciones que se denomina *secuencia de objetivos*. Cada *objetivo* se separa con una coma y puede considerarse similar a una instrucción o llamada a procedimiento de los lenguajes imperativos. En SWI-PROLOG no existen instrucciones de control. Su ejecución se basa en dos conceptos: la unificación y el backtracking.

Gracias a la ***unificación***, cada *objetivo* determina un subconjunto de cláusulas susceptibles de ser ejecutadas. Cada una de ellas se denomina punto de elección. SWI-PROLOG selecciona el primer punto de elección y sigue ejecutando el programa hasta determinar si el objetivo es verdadero o falso. En caso de ser falso entra en juego el ***backtracking***, que consiste en deshacer todo lo ejecutado situando el programa en el mismo estado en el que estaba justo antes de llegar al punto de elección. Entonces se toma el siguiente punto de elección que estaba pendiente y se repite de nuevo el proceso. Todos los objetivos terminan su ejecución bien en éxito ("verdadero"), bien en fracaso ("falso").

2.5.1.2 Características

Las características más importantes que SWI-PROLOG presenta son las siguientes:

- ✓ **Kernel bajo la licencia LGPL.-** Todas las colecciones de Prolog se distribuyen bajo la GPL con una declaración adicional que permite su uso en aplicaciones propietarias. Los detalles se pueden encontrar en la página de licencia;
- ✓ **Compilación rápida.-** Por ejemplo, cargas de 140.000 líneas de propagación de código fuente de más de 500 archivos en 2,3 segundos en un sistema AMD 5400 +;
- ✓ **Robusta y libre de fugas de memoria.-** En el uso de varios servidores que se ejecutan 24x7);

- ✓ **Entorno de desarrollo completo.-** Incluye gráficos, bibliotecas y muchos paquetes de interfaz. Requiere aproximadamente 40 MB de disco duro, el núcleo no es de 650Kb gráfica, la biblioteca de gráficos sobre 1.2Mb añade a la imagen;
- ✓ **Escalas bien para aplicaciones de gran tamaño**.- No hay límites en el tamaño del programa, átomo de longitud, plazo aridad o valores enteros. No hay una degradación del rendimiento con muchos de los predicados (indexado) los hechos;
- ✓ **Conjunto completo de las piezas integradas en los predicados.-** El cual cubre la parte 1 de la norma ISO, la de-facto de Edimburgo Prolog estándar e importante de Quinto y SICStus Prolog. Compatibilidad de la Feria de Ciao, YAP y GNU-Prolog;
- ✓ **Interfaz flexible y rápido a la C-y C + +-Language.-** La interfaz permite llamar en ambas formas, el manejo de la no-determinismo en ambos sentidos y la incrustación de la SWI-Prolog kernel en C / C + +;
- ✓ **Portátil para muchas plataformas.-** Incluye casi todas las plataformas Unix Linux, Windows (NT/2000/XP, incluyendo las ediciones 64-bit), MacOS X (con X11 para gráficos) y muchos más. Ambos de 32-bits y 64-bits de hardware es compatible. Las fuentes son C99 de fricción, configura automáticamente utilizando GNU autoconf (configure, make, make install);
- ✓ **Juego de caracteres Unicode manejo interno.-** Ideal para web y aplicaciones internacionales;

2.5.2 Lisp

2.5.2.1 Generalidades

Lisp es un lenguaje de programación usado en el mundo de la Inteligencia Artificial. A diferencia de otros lenguajes de programación, en Lisp, a pesar de ser un lenguaje con una cierta antigüedad, no es un lenguaje del que se disponga de mucha documentación, de hecho, casi toda la documentación disponible está en inglés, es así que, se hace uso de la traducción, en este caso nuestro idioma y cultura que es el castellano.

Lisp se diferencia de otros lenguajes, en que la forma de entender la programación no es clásica que todo el mundo suele manejar, es decir, la forma de programación es totalmente declarativa y no procedimental como en el caso de los famosos lenguajes de programación C/C++, Java, C#.NET, ASP, PHP.

Cuando se quiere implementar un problema en LISP, éste se realiza escribiendo lo que se quiere conseguir y como, pero sin indicar paso a paso la secuencia de acciones que la computadora debe de realizar. Esta filosofía que aunque parezca extraña, seguro que muchos programadores ya la han usado, ya que existen otros lenguajes declarativos como pueden ser el PROLOG, PERL e incluso el mismo SQL.

2.5.2.2 Antecedentes

LISP proviene de la unión de las palabras LISt Processing language (Lenguaje para procesar listas), fue desarrollado en 1954 por John McCarthy. LISP es uno de los primeros lenguajes de alto nivel y junto con PROLOG el lenguaje simbólico más usado en la Inteligencia Artificial. Este lenguaje tenía un interés especial en aplicaciones matemáticas puesto que trataba de ofrecer un mecanismo alternativo a las Máquinas de Turing para poder formalizar algoritmos.

En la década de 1950 la gran mayoría de los programas se implementaban en código máquina (ensamblador), fue cuando surgió el primer lenguaje de alto nivel, FORTRAN, destinado al procesamiento numérico.

Fue en 1956 cuando John McCarthy observó que varios integrantes del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) habían desarrollado una técnica de programación basado en el procesamiento de listas, en lenguaje IPL (Information Processing Languaje), consistente en la manipulación de listas y símbolos, aunque su sintaxis estaba basada en código ensamblador.

El primer lenguaje desarrollado se conoció como FLPL y se centraba en la manipulación de listas sobre FORTRAN.

Posteriormente se desarrolló el primer lenguaje LISP, desarrollado en una máquina IBM-704, en el año 1965 apareció la versión 1.5 del lenguaje LISP.

A mediados de 1960 surgen varios lenguajes desarrollados sobre Lisp como:

- ✓ MacLisp (MTI);
- ✓ InterLisp (Xerox);
- ✓ UCI Lisp (Stanford).

En 1970 G. Steele y G. Sussman desarrollaron Écheme y fue en 1980 cuando apareció el lenguaje LISP más usado en la actualidad, conocido como Common LISP.

2.5.2.3 Características

A continuación se detallan algunas de las características de las principales variantes del lenguaje LISP:

- ✓ LISP posee un manejo de memoria automático que libera el espacio utilizado por los objetos que dejan de ser necesitados;
- ✓ Incluye un mecanismo bastante simple para utilizar evaluación perezosa de expresiones;
- ✓ LISP no posee un sistema de tipos estáticos como puede ocurrir en C/C++;
- ✓ LISP asocia los tipos a los valores en vez que a las variables, por ello los errores de mal uso de tipos sólo puedan ser detectados en tiempo de ejecución y no de compilación;
- ✓ Las implementaciones en LISP suelen programarse de manera que cálculos iterativos puedan realizarse en un espacio constante (en memoria) aunque hayan sido descritos mediante el uso de la recursividad.

CAPITULO III

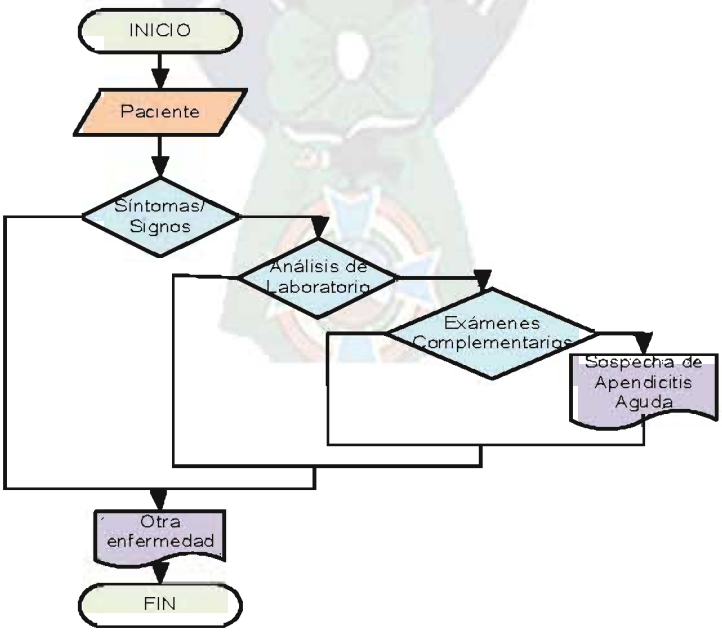
3 MARCO PRACTICO

3.1 DESCRIPCION DE METODOS

3.1.1 Método de Diagnostico

Para la realización del presente trabajo se utilizara el método propio de la medicina, debido a que este hace un análisis mas detallado y mas profundo de los síntomas y signos, para llegar a un diagnostico de Apendicitis Aguda, si el resultado de estos exámenes complementarios, muestra como mínimo cuatro análisis idénticos entonces, se dice que el paciente presenta un diagnostico de Apendicitis Aguda con una probabilidad de 98% de certeza, de lo contrario padece otra enfermedad (Ver Figura 3.1).

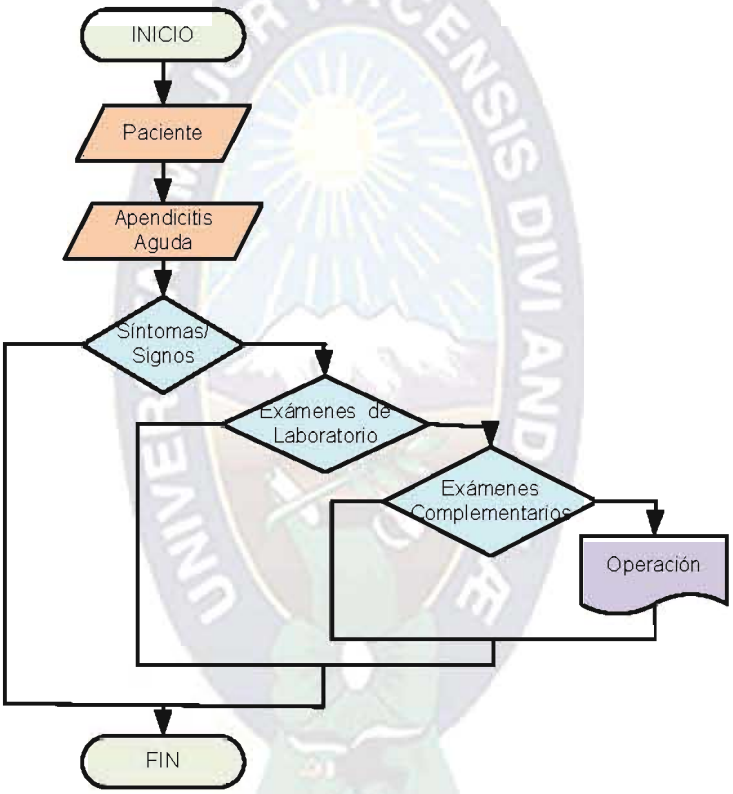
Figura 3.1 Características generales de la Apendicitis Aguda



Fuente: [Elaboración propia, 2009]

Después de haber diagnosticado al paciente apendicitis aguda es preciso realizar el diagnostico etiológico, es decir la causa de la apendicitis aguda; para lo que nos valemos de la anamnesis, los antecedentes y una cuidadosa revisión de los síntomas y signos específicos, todo esto completando con los exámenes complementarios, las características generales de la etiología de la apendicitis aguda se ilustra en la Figura 3.2 que se da a continuación.

Figura 3.2 Diagnóstico Etiológico de la Apendicitis Aguda

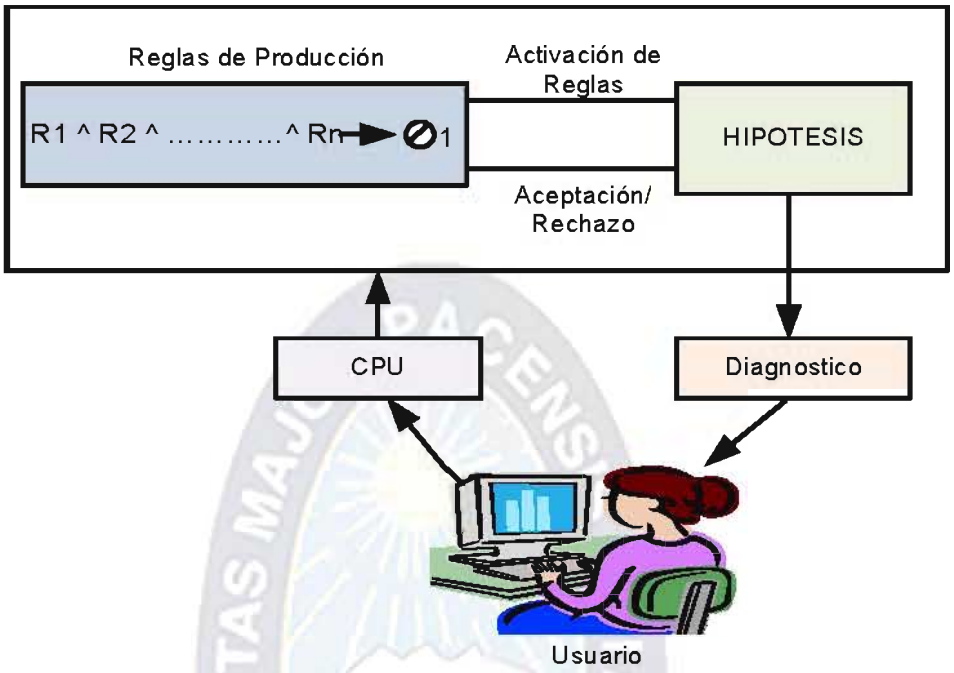


Fuente: [Elaboración propia, 2009]

3.1.2 Estructuración del Conocimiento

El medico resuelve variados problemas gracias a la experiencia, de ahí que para llegar a un diagnostico debe analizar varios síntomas (realizar acciones).por tanto es necesario poseer la facultad de escoger experiencias similares y saber también como aplicarlas adecuadamente. Todo ello puede ser manejado de manera uniforme por la lógica y representado por las reglas de producción que lo resuelve mediante la utilización de la inferencia (Ver Figura 3.3).

Figura 3.3 Estructuración general del SEDTAA



Fuente: [Elaboración propia, 2009]

Los dominios adecuados para usar el formulismo de las reglas de producción, son aquellos en los que la tarea a efectuar puede verse como una secuencia de transiciones de un estado a otro en un espacio problema. Este comportamiento puede modelizarse por las reglas de producción, porque cada transición puede ser efectivamente representada por una o mas reglas de producción.

3.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA EXPERTO

La arquitectura del sistema experto de diagnostico y tratamiento de apendicitis aguda, posee una estructura que le permite llegar a tener un razonamiento similar al que tiene el experto Gastroenterólogo para llegar a un diagnóstico seguro o probable mediante:

- ✓ Base de Conocimientos;
- ✓ Mecanismo de Inferencia;
- ✓ Modulo de Adquisición del Conocimiento;
- ✓ Interface con el usuario.

3.2.1 Base de Conocimientos

La Base de Conocimientos contiene la Base de Hechos y las Reglas de Producción, las reglas no son para ser colocados como códigos de programas, ya que estos permiten hacer una interpretación de alto nivel como es el mecanismo de inferencia. El presente trabajo contempla la siguiente **Base de hechos**:

- ✓ El paciente presenta síntomas de dolor abdominal;
- ✓ El paciente presenta síntomas de fiebre de 37.5° de temperatura o más;
- ✓ El paciente presenta síntomas de nauseas;
- ✓ El paciente presenta síntomas de vomitos;
- ✓ El paciente presenta taquipnea a causa de que se ha incrementado la frecuencia, la amplitud y profundidad de los actos respiratorios;
- ✓ El paciente presenta taquicardia por el aumento de la frecuencia cardiaca por encima de 100 latidos por minuto en el adulto y 150 en el niño;
- ✓ El paciente presenta presión arterial normal;
- ✓ El paciente presenta presión arterial poco baja;
- ✓ El paciente presenta dolor intenso en la Fosa Iliaca Derecha (FID);
- ✓ El paciente presenta el signo de McBurney (+);
- ✓ El paciente presenta el signo de Rebote (+);
- ✓ El paciente no presenta el signo de Rebote (+);
- ✓ El paciente presenta leucocitos con neutrofilia intensa en el examen de laboratorio;
- ✓ El paciente presenta radiografía normal;
- ✓ El paciente tiene Apendicitis Aguda.
- ✓ El paciente presenta el signo de McBurney (++);
- ✓ El paciente presenta el signo de Rebote (++);
- ✓ El paciente no presenta el signo de Rebote (++);
- ✓ El paciente tiene Apendicitis Aguda Gangrenosa;
- ✓ El paciente tiene estreñimiento al defecar;
- ✓ El paciente presenta leucocitos con neutrofilia aún más intensa en el examen;
- ✓ El paciente presenta amilasa poco elevada en el examen de laboratorio;
- ✓ El paciente muestra en su radiografía aire debajo del diafragma;
- ✓ El paciente presenta el signo de Jobert (++);
- ✓ El paciente tiene Apendicitis Aguda Perforada.

Y las **Reglas de Producción** se representan de la siguiente manera:

Apendicitis Aguda

Síntomas y Signos

Regla 1 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial poco baja **Y** Dolor intenso en FID **Y** Presenta Signo de McBurney (+) **Y** Signo del Rebote (+). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda pedir exámenes complementarios;

Regla 2 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial normal **Y** Dolor intenso en FID **Y** Presenta Signo de McBurney (+) **Y** Signo del Rebote (+). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda pedir exámenes complementarios;

Regla 3 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial poco baja **Y** Dolor intenso en FID **Y** Signo de McBurney (+) **Y** No existe la presencia del Signo del Rebote (+). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda pedir exámenes de laboratorio;

Regla 4 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial normal **Y** Dolor intenso en FID **Y** Signo de McBurney (+) **Y** No existe Signo del Rebote (+). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda pedir exámenes complementarios;

Laboratorio

Regla 5 **Si** Muestra leucocitos con neutrofilia intensa. **Entonces** Si los resultados son positivos, pedir radiografía;

Radiografía

Regla 6 **Si** Radiografía normal. **Entonces** Si los resultados positivos se confirman la sospecha de apendicitis Aguda;

Apendicitis Aguda Gangrenosa

Síntomas y Signos

Regla 7 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial poco baja **Y** Dolor intenso en FID **Y** Presenta Signo de McBurney (++) **Y** Signo del Rebote (++). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda gangrenosa pedir exámenes de laboratorio;

Regla 8 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial normal **Y** Dolor intenso en FID **Y** Presenta Signo de McBurney (++) **Y** Signo del Rebote (++). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda gangrenosa pedir exámenes complementarios;

Regla 9 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial poco baja **Y** Dolor intenso en FID **Y** Signo de McBurney (++) **Y** No existe la presencia del Signo del Rebote (++). **Entonces** El paciente presenta sospecha de apendicitis aguda gangrenosa pedir exámenes de laboratorio;

Regla 10 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial normal **Y** Dolor intenso en FID **Y** Signo de McBurney (++) **Y** No existe Signo del Rebote (++). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda gangrenosa pedir exámenes de laboratorio;

Laboratorio

Regla 11 **Si** Muestra leucocitos con netrofilia intensa. **Entonces** Si el resultado es positivo, pedir radiografía;

Radiografía

Regla 12 **Si** Radiografía normal. **Entonces** Si los resultados son positivos se confirma la sospecha de Apendicitis Aguda Gangrenosa;

Apendicitis Aguda Perforada

Síntomas y Signos

Regla 13 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Estreñimiento **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial poco baja **Y** Dolor intenso en FID **Y** Presenta Signo de McBurney (++) **Y** Signo del Rebote (++). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda perforada pedir exámenes de laboratorio;

Regla 14 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Estreñimiento **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial normal **Y** Dolor intenso en FID **Y** Presenta Signo de McBurney (++) **Y** Signo del Rebote (++). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda perforada pedir exámenes laboratorio;

Regla 15 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Estreñimiento **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial poco baja **Y** Dolor intenso en FID **Y** Signo de McBurney (++) **Y** No existe la presencia del Signo del Rebote (++). **Entonces** Se sospecha de apendicitis aguda perforada pedir exámenes de laboratorio;

Regla 16 **Si** El paciente tiene Dolor Abdominal **Y** Fiebre **Y** Náuseas **Y** Vómitos **Y** Estreñimiento **Y** Presenta Taquipnea **Y** Taquicardia **Y** Presión arterial normal **Y** Dolor intenso en FID **Y** Signo de McBurney (++) **Y** No existe Signo del Rebote (++). **Entonces** Se confirma sospecha pedir exámenes de laboratorio;

Laboratorio

Regla 17 **Si** Muestra leucocitos con netrofilia más intensa **Y** Amilasa poco elevada. **Entonces** Si resultados positivos, pedir radiografía simple de abdomen y pie.

Radiografía

Regla 18 **Si** Muestra aire libre debajo del diafragma **Y** Signo de Jobert (+). **Entonces** Se confirma la sospecha de Apendicitis Aguda Perforada.

3.2.2 Mecanismo de Inferencia

La Base de Conocimientos tiene incorporada mucha redundancia, tal redundancia permite al sistema experto llegar a una correcta conclusión por diferentes caminos y obtener un grado de veracidad correcto. Para una buena inferencia debemos tratar con métodos que utilizan imprecisión en la resolución de problemas, ya que el mecanismo de inferencia es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones en la Base de conocimientos, según un método fijo de solución de problemas. La decisión de los mecanismos de estrategias de búsqueda que se utiliza es de vital importancia para la efectividad del sistema en su conjunto. En el presente trabajo se utiliza la **Teoría de la Certidumbre** con factor de certeza (Ver Figura 3.4):

Figura 3.4 Factor de Certeza

$$T(\delta)\begin{cases} 56 \leq \delta \leq 90 & \text{Se Acepta} \\ 0 \leq \delta < 56 & \text{Se rechaza} \end{cases}$$

Fuente: [Pérez, 2007]

El conocimiento tiene factores de pesos (proporcionados por el experto) que viene junto con las premisas las cuales nos ayudan a obtener factores de certeza T (δ) para las reglas, esta a su vez nos permite medir la confianza que existe en cualquier conclusión como resultado de una inferencia. Los valores de peso se encuentran representados de acuerdo a un factor de certeza que tiene la siguiente forma (Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2):

Tabla 3.1 Regla con factor de peso máximo

Premisas	Factor de peso
Dolor abdominal Intenso	0.15
Fiebre	0.10
Náuseas	0.03
Taquipnea	0.01
Taquicardia	0.01
Vómitos	0.10
Dolor intenso en FID	0.16
Signo de McBurney (+)	0.18
Signo de Rebote (+)	0.16
Regla con factor de peso máximo	**0.90**

Fuente: [Pérez, 2007]

Entonces el paciente padece Apendicitis Aguda con una probabilidad del 90%.

Tabla 3.2 Regla con factor de peso mínimo

Premisas	Factor de peso
Dolor abdominal Intenso	0.15
Fiebre	0.10
Náuseas	0.03
Taquipnea	0.01
Taquicardia	0.01
Vómitos	0.10
Dolor intenso en FID	0.16
Regla con factor de peso mínimo	**0.56**

Fuente: [Pérez, 2007]

Entonces el paciente padece Apendicitis Aguda con una probabilidad del 56%.

Estos factores de certeza permiten dar la siguiente interpretación:

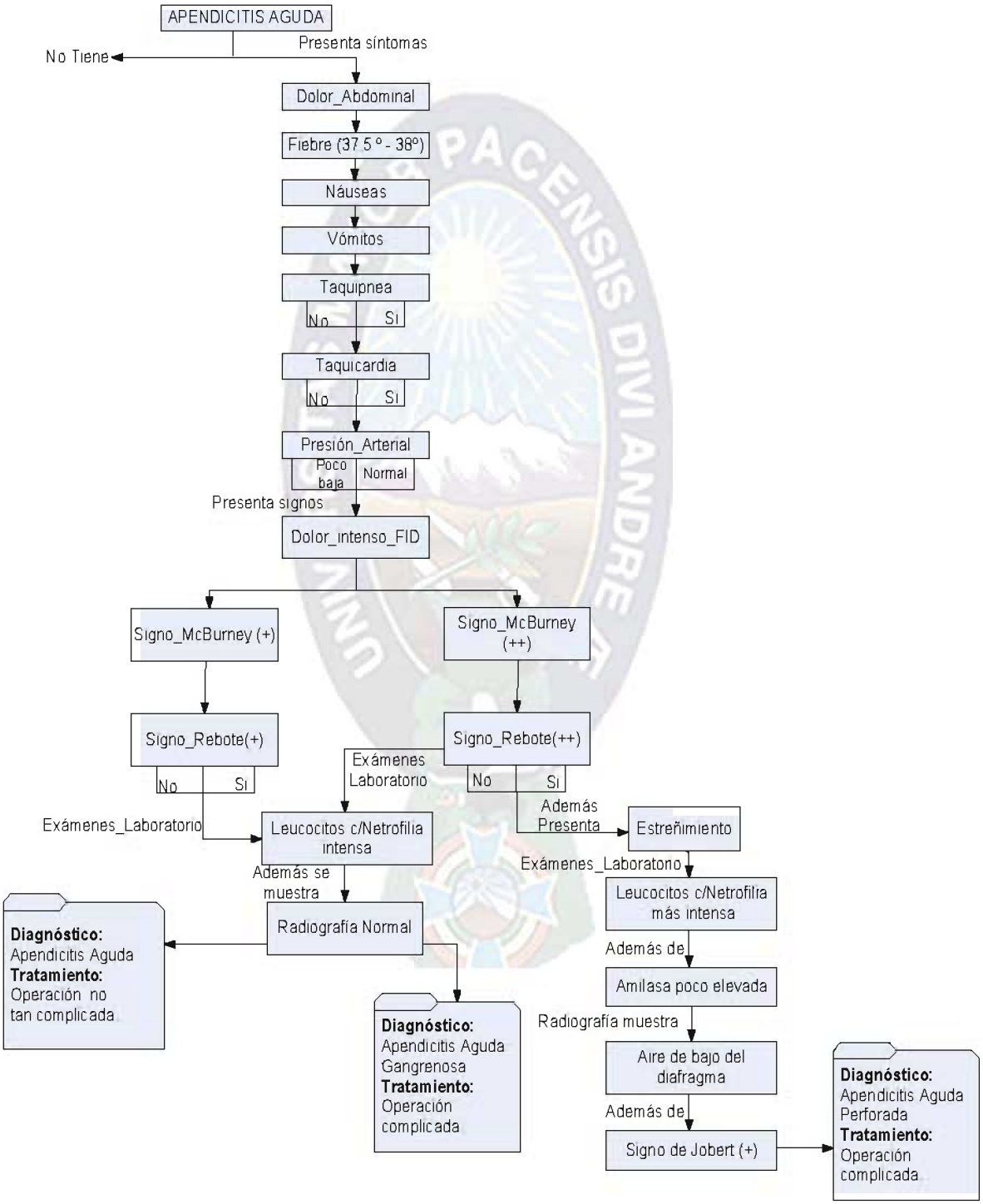
0.90 = El paciente requiere de operación inmediatamente;

0.56 = El paciente requiere de una intervención quirúrgica.

Existen valores intermedios entre 0.56 y 0.90 que son exclusivos del usuario (médico) para ver el grado de urgencia que requiere cada paciente a ser intervenido quirúrgicamente.

El sistema utiliza un árbol Y/O para la resolución de sus problemas (Ver Figura 3.5).

Figura 3.5 Árbol Y/O



Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

3.2.3 Modulo de Explicaciones

Una de las tareas más pesadas resulta la incorporación del conocimiento a la base de conocimientos de Sistema Experto, lo que ha hecho que aumenten los esfuerzos en la investigación del conocimiento, para la adquisición del conocimiento se dispone de las siguientes representaciones:

- ✓ Por transmisión: el experto transmite o comunica de forma interactiva su experiencia al sistema Experto.
- ✓ Por inducción: es un método útil y bueno cuando el experto no sabe o no puede explicar su conocimiento. Consiste en crear modelos de conocimiento que son introducidos en el sistema para que sean analizados e induzca el conocimiento, además posee las cualidades del conocimiento de dominio (hechos, reglas y relación entre los hechos) que son almacenados de la manera más sencilla posible.

3.2.4 Interface con el usuario y anamnesis

El primer paso para la construcción del Sistema consiste en establecer una buena comunicación del tipo Médico-Paciente y viceversa (Ver Figura 3.6), esta comunicación es vital, ya que de ella se obtiene la información necesaria para la toma de decisiones.

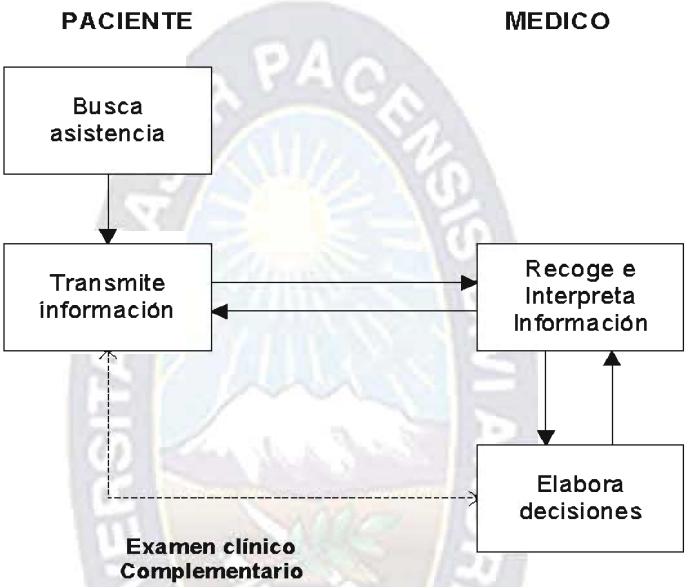
Para la comunicación Médico-Paciente se siguen los siguientes pasos:

- ✓ **Adquisición de los datos del paciente:** El paciente llega al consultorio del médico generalmente con dolor en la parte del abdomen y suele empeorar cuando se camina o tose, y es posible que el paciente prefiera estar quieto, ya que los movimientos súbitos realizados causan más dolor. Los síntomas más comunes que acompañan al dolor abdominal del paciente, suelen ser: náuseas, fiebre, estreñimiento, temblores y vómitos. Adicionalmente si con el examen físico, los síntomas y las pruebas a solas que el médico realiza, existe la duda de que el paciente tenga Apendicitis Aguda, se realizan estudios como: Exámenes de Laboratorio y Radiografía de la parte abdominal;
- ✓ **Interpretación de los datos proporcionados:** En caso que el paciente tenga Apendicitis Aguda el único tratamiento es la Apendicectomía; si se trata de un caso no complicado el cirujano extirpa el apéndice poco tiempo después de que se considere que el paciente podría tener afección, si una TC revela que la persona tiene un absceso por la ruptura del apéndice, primero se puede realizar el tratamiento y hacer extirpar el apéndice después de que la afección y la inflamación hayan desaparecido;

- ✓ **Formulación y seguimiento del tratamiento:** El especialista establece el tratamiento del paciente después de que le hayan practicado la Apendicectomía, además de que el médico debe realizar el correspondiente seguimiento del progreso del paciente.

A continuación se presenta la manera de trabajo del Sistema Experto.

Figura 3.6 Comunicación Medico-Paciente



Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

Primero: En el diagnóstico el Sistema Experto hace las preguntas respectivas realizando la interacción con el usuario (médico) con las opciones: **<si/no>.** Donde: s = Si (afirma el síntoma); n = No (niega el síntoma).

Las preguntas que hace el sistema tiene el siguiente modelo:

<s/n> El paciente tiene Dolor Abdominal : Sí

<s/n> El paciente tiene Fiebre : Sí

<s/n> El paciente tiene Náuseas : No

<s/n> El paciente tiene Vómitos : Sí

.

.

.

<s/n> El paciente tiene Signo de Rebote (+) : Sí

Segundo: En el **Diagnóstico** el Sistema Experto activa la Base de Conocimientos de acuerdo a la experiencia del usuario.

Restricciones Semánticas

En Apendicitis se deben cumplir con todos los síntomas y signos, variando para cada una de ellas como sigue:

Apendicitis Aguda

Presión arterial poco baja o normal;

Puede existir Signo de Rebote (+).

Apendicitis Aguda Gangrenosa

Diferencia con el anterior en el Signo de McBurney (++);

Puede existir Signo de Rebote (++).

Apendicitis Aguda Perforada

Idéntico al anterior, añadiendo el Síntoma Estreñimiento.

Para los exámenes complementarios de apendicitis los análisis deben ser positivos ("Sí") en todos sus análisis.

La interfase con el usuario tiene las siguientes características:

- ✓ El aprendizaje del manejo es rápido;
- ✓ Debe de evitarse en lo posible entrada de datos erróneos;
- ✓ El Sistema Experto tiene informaciones de tipo: general (describe el funcionamiento del sistema y guía de utilización), médica (describe detalles de las entidades clínicas para la anamnesis), y de ayuda inmediata (consulta rápida de entidades clínicas).

Dependiendo del tipo de apendicitis aguda que diagnostique el sistema el médico resuelve que el único tratamiento para cualquier tipo de apendicitis es una operación llamada Apendicectomía a la que el paciente deberá someterse.

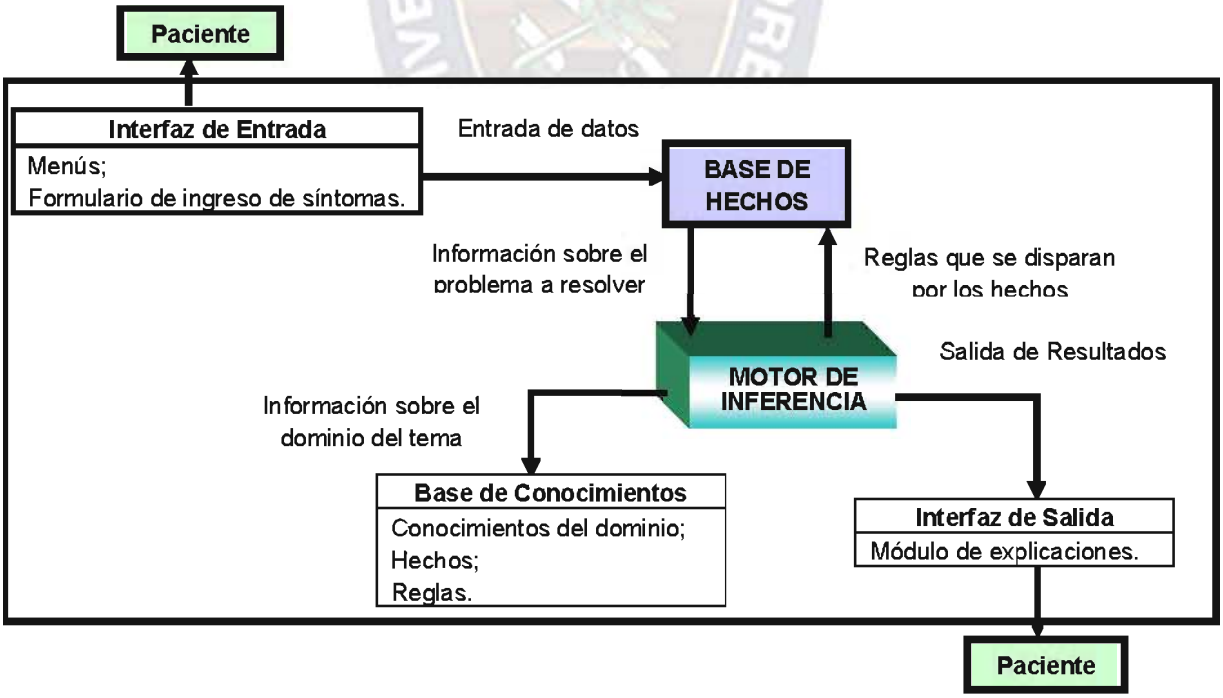
CAPITULO IV

4 PROCESO DE INVESTIGACION

4.1 DESCRIPCION FORMAL DEL SISTEMA EXPERTO

El modelo formal del Sistema Experto de Diagnóstico y Tratamiento de Apendicitis Aguda (Ver Figura 4.1) muestra los procedimientos de inferencia que fueron realizados por el Ingeniero del Conocimiento sobre los elementos que identificados con anterioridad en el modelo informal.

Figura 4.1 Descripción formal del Sistema Experto



Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

El proceso del modelo formal comienza con la formalización de las variables de entrada y las variables de salida de acuerdo a los siguientes conjuntos:

Sea:

S el conjunto síntomas asociados a un paciente.

Donde: $\mathbf{S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}\}}$

Sean:

D el conjunto de diagnósticos obtenidos.

Donde: $\mathbf{D = \{d_1, d_2, d_3\}}$

T el conjunto de tiempo pronóstico de tratamiento.

Donde: $\mathbf{T = \{t_1, t_2, t_3\}}$

Entonces el modelo formal del Sistema esta dado por:

$$\mathbf{C = D \cup T = \{d_1, d_2, d_3, t_1, t_2, t_3\}}$$

$$\mathbf{F(S) = C}$$

Para la descripción formal del Sistema Experto se contempla los siguientes aspectos para la formalización del modelo:

La **BASE DE HECHOS** que de manera formal se representa de la siguiente manera:

- ✓ Presenta_sintoma (Dolor _ abdominal);
- ✓ Presenta_sintoma (Fiebre);
- ✓ Presenta_sintoma (Nauseas);
- ✓ Presenta_sintoma (Vomitos);
- ✓ Presenta_sintoma (Taquipnea);
- ✓ Presenta_sintoma (Taquicardia);
- ✓ Presenta_sintoma (Estreñimiento);
- ✓ Presenta_síntoma(Presión_arterial_poco _ baja);
- ✓ Presenta_sintoma(Presión_Arterial_normal);
- ✓ Presenta_Signo(Dolor_intenso_FID);
- ✓ Presenta_Signo(McBurney_+);
- ✓ Presenta_Signo(Rebote_+);
- ✓ ¬ Presenta_Signo(Rebote_+);
- ✓ Presenta_Signo(McBurney_++);
- ✓ Presenta_Signo(Rebote_++);
- ✓ ¬ Presenta_Signo (Rebote_++);
- ✓ Presenta_Signo(Jobert_+);

- ✓ Solicitar(Examen_laboratorio);
- ✓ Laboratorio _ muestra (Leucocitos_con_netrofilia_intensa);
- ✓ Laboratorio _ muestra (Leucocitos_con_netrofilia_mas_intensa);
- ✓ Laboratorio _ muestra(Amilasa _ poco _ elevada);
- ✓ Solicitar(Radiografía);
- ✓ Radiografía _ muestra(positivo);
- ✓ Radiografía _ muestra(aire_bajo_diafragma);
- ✓ Presenta(Apendicitis _ aguda);
- ✓ Presenta (Apendicitis_aguda_gangrenosa);
- ✓ Presenta(Apendicitis _ aguda _ perforada);

La **BASE DE CONOCIMIENTOS** que de manera formal se representa de la siguiente manera:

Apendicitis Aguda

- ✓ ∃**(X):** Paciente**(X) : [**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) **^** Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) **^** Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) **^** Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) **^** Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) **^** Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) **^** Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ poco _ baja) **^** Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) **^** Presenta_signo (**X** , McBurney_+) **^** Presenta_signo (**X** , Rebote_+) **→** Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;
- ✓ ∃**(X):** Paciente**(X) : [**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) **^** Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) **^** Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) **^** Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) **^** Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) **^** Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) **^** Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ normal) **^** Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) **^** Presenta_signo (**X** , McBurney_+) **^** Presenta_signo (**X** , Rebote_+) **→** Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;
- ✓ ∃**(X):** Paciente**(X) : [**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) **^** Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) **^** Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) **^** Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) **^** Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) **^** Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) **^** Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ poco _ baja) **^** Presenta_signo (**X** ,

Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_+) ^ ¬ Presenta_signo (**X** , Rebote_+) → Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;

- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ normal) ^ Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_+) ^ ¬ Presenta_signo (**X** , Rebote_+) → Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;
- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Laboratorio _ muestra (**X** , Leucocitos_con_netrofilia_intensa) → Solicitar (**X** , Radiografía)**]**;
- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Radiografía _ muestra(**X** , positivo) → Presenta(Apendicitis _ aguda)**]**;

Apendicitis Aguda Gangrenosa

- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ poco _ baja) ^ Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_++) ^ Presenta_signo (**X** , Rebote_++) → Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;
- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ normal) ^ Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_++) ^ Presenta_signo (**X** , Rebote_++) → Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;

- ✓ ∃(X): Paciente(X) : [Presenta_sintoma (X , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (X , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (X , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (X , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (X , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (X , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (X , Presión_arterial _ poco _ baja) ^ Presenta_signo (X , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (X , McBurney_++) ^ ¬ Presenta_signo (X , Rebote_++) → Solicitar (X , Examen_laboratorio)];
- ✓ ∃(X): Paciente(X) : [Presenta_sintoma (X , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (X , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (X , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (X , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (X , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (X , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (X , Presión_arterial _ normal) ^ Presenta_signo (X , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (X , McBurney_++) ^ ¬ Presenta_signo (X , Rebote_++) → Solicitar (X , Examen_laboratorio)];
- ✓ ∃(X): Paciente(X) : [Laboratorio _ muestra (X , Leucocitos_con_netrofilia_ intensa) → Solicitar (X , Radiografía)];
- ✓ ∃(X): Paciente(X) : [Radiografía _ muestra(X , positivo) → Presenta(Apendicitis _ aguda _ gangrenosa)];

Apendicitis Aguda Perforada

- ✓ ∃(X): Paciente(X) : [Presenta_sintoma (X , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (X , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (X , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (X , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (X , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (X , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (X , Estreñimiento) ^ Presenta_sintoma (X , Presión_arterial _ poco _ baja) ^ Presenta_signo (X , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (X , McBurney_++) ^ Presenta_signo (X , Rebote_++) → Solicitar (X , Examen_laboratorio)];
- ✓ ∃(X): Paciente(X) : [Presenta_sintoma (X , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (X , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (X , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (X , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (X , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (X , Taquicardia) ^

Presenta_sintoma (**X** , Estreñimiento) ^ Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ normal) ^ Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_++) ^ Presenta_signo (**X** , Rebote_++) ➔ Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;

- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (**X** , Estreñimiento) ^ Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ poco _ baja) ^ Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_++) ^ ¬ Presenta_signo (**X** , Rebote_++) ➔ Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;
- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Presenta_sintoma (**X** , Dolor _ abdominal) ^ Presenta_sintoma (**X** , Fiebre) ^ Presenta_sintoma (**X** , Náuseas) ^ Presenta_sintoma (**X** , Vómitos) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquipnea) ^ Presenta_sintoma (**X** , Taquicardia) ^ Presenta_sintoma (**X** , Estreñimiento) ^ Presenta_sintoma (**X** , Presión_arterial _ normal) ^ Presenta_signo (**X** , Dolor_intenso_FID) ^ Presenta_signo (**X** , McBurney_++) ^ ¬ Presenta_signo (**X** , Rebote_++) ➔ Solicitar (**X** , Examen_laboratorio)**]**;
- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Laboratorio _ muestra (**X** , Leucocitos_con_netrofilia_mas_ intensa) ^ Laboratorio _ muestra(**X** , Amilasa _ poco _ elevada) ➔ Solicitar (**X** , Radiografía)**]**;
- ✓ ∃**(X)**: Paciente**(X)** : **[**Radiografía _ muestra(**X** , aire_bajo_diafragma) ^ Presenta_signo (**X** , Jobert_+) ➔ Presenta(Apendicitis _ aguda _ perforada)**]**;

El **MOTOR DE INFERENCIA** que activa las reglas en función a la información contenida, en este proceso extraemos las conclusiones de la base de conocimientos, según el método de búsqueda con retroceso o backtraking que se aplica al árbol Y/O, para la obtención del diagnóstico y el tratamiento del paciente.

A continuación su muestra el algoritmo que utiliza el árbol de búsqueda para llegar la meta o solución:

```
% %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BASE DE HECHOS%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

esPregunta(dolorabdom_malintenso,'Tiene Dolor Abdominal de Tipo Intenso?').
esPregunta(fiebre,' Tiene fiebre con temperatura que sea mayor de 37.5°)? ').
esPregunta(nauseas,'Siente náuseas?').
esPregunta(vomitos,'Tiene vómitos?').
esPregunta(taquipnea,'Tiene Taquipnea por increnento de profundidad,amplitud
y frecuencia de actos respiratorios?').
esPregunta(taquicardia,'Presenta Taquicardia con Frecuencia cardiaca por enci
ma de 100 latidos por minuto en adultos y en niños de 150?)').
esPregunta(presionarterialnormal,'Tiene presion arterial normal?').
esPregunta(presionarterialpocobaja,'Tiene presion arterial poco baja?').
esPregunta(dolorintensoFID,'Dolor intenso en la Fosa Iliaca Derecha?').
esPregunta(mcDurney1,' Presenta el signo de McDurney I? ').
esPregunta(rebote1,'Presenta el signo de Rebote +').
esPregunta(mcDurney2,'Presenta el signo de McDurney II?').
esPregunta(rebote2,'Presenta el signo de Rebote ++?').
esPregunta(estreñimiento,'Presenta evacuaciones duras o dolorosas al defecar?
').

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%TIPOS DE RESPUESTAS%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

esRespuesta(si).
esRespuesta(no).

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%REALIZACION DE LA PREGUNTA I VALIDACION DE LA RESPUESTA%
%%%%%%%%%%%%%%%%

preguntar(_Paciente, Carac, R):-  esPregunta(Carac, P),
                                  new(D, dialog('Preguntas')),
                                  send(D,append(label(k, P))),
                                  send(D, append,
                                  new(TI, text_item('Respuesta (si/no)')),
                                  send(D, append,
                                  button(ok, message(D, return,TI?selection))),
                        send(D, append,button(cancel, message(D, return, @nil))),
                        send(D, default_button, ok),
                        get(D, confirm, Answer),
                        write(Answer),
                        send(D, destroy),
                        Answer \== @nil,
                        R = Answer,
                        esRespuesta(R),..

preguntar(Paciente, Carac, R):-  write('No entendi tu respuesta, ingrese si/n
o \n'),
                                  preguntar(Paciente, Carac, R).
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%GUARDAMOS LA INFORMACION DE LA RESPUESTA DE LA PREGUNTA%%%
%%%%%%%%%%%%%
evaluarCaracteristicaTiene(Paciente,Carac,R):- tiene(Paciente,Carac,R),!.
evaluarCaracteristicaTiene(Paciente,Carac,R):- preguntar(Paciente,Carac,R),
                                               assert(tiene(Paciente,Carac,R)
),!.
%%%%%%%%%%%%%%%%%BASE DE CONOCIMIENTOS%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

esApendicitisAguda(X):- evaluarCaracteristicaTiene(X,dolorabdominalintenso,R)
,R=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,fiebre,R1),R1=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,nauseas, R2), R2=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,vomitos, R3), R3=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,taquipnea, R4), R4=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,taquicardia, R5), R5=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,dolorintensoFID, R6), R6
=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,presionarterialnormal,R7
),R7=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,mcBurney1,R8),R8=si,
                        evaluarCaracteristicaTiene(X,rebote1,R9),R9=si,!.


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%EVALUACION DE ENFERMEDADES%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%

elPacienteTiene1(X,E):-enfermedadEs(X,E),!.

elPacienteTiene1(X, apendicitisAguda):- esApendicitisAguda(X),assert(enferned
adEs(X,apendicitisAguda)),!.

elPacienteTiene1(X, apendicitisAgudaGangrenosa):- esApendicitisAgudaGangrenos
a(X),assert(enfermedadEs(X,apendicitisAgudaGangrenosa)),!.

elPacienteTiene1(X, apendicitisAgudaPerforada):- esApendicitisAgudaPerforada(
X),assert(enfermedadEs(X,apendicitisAgudaPerforada)),!.

elPacienteTiene1(_X, noDeterminado):-!.
```

4.2 REPRESENTACION DEL EXPERIMENTO

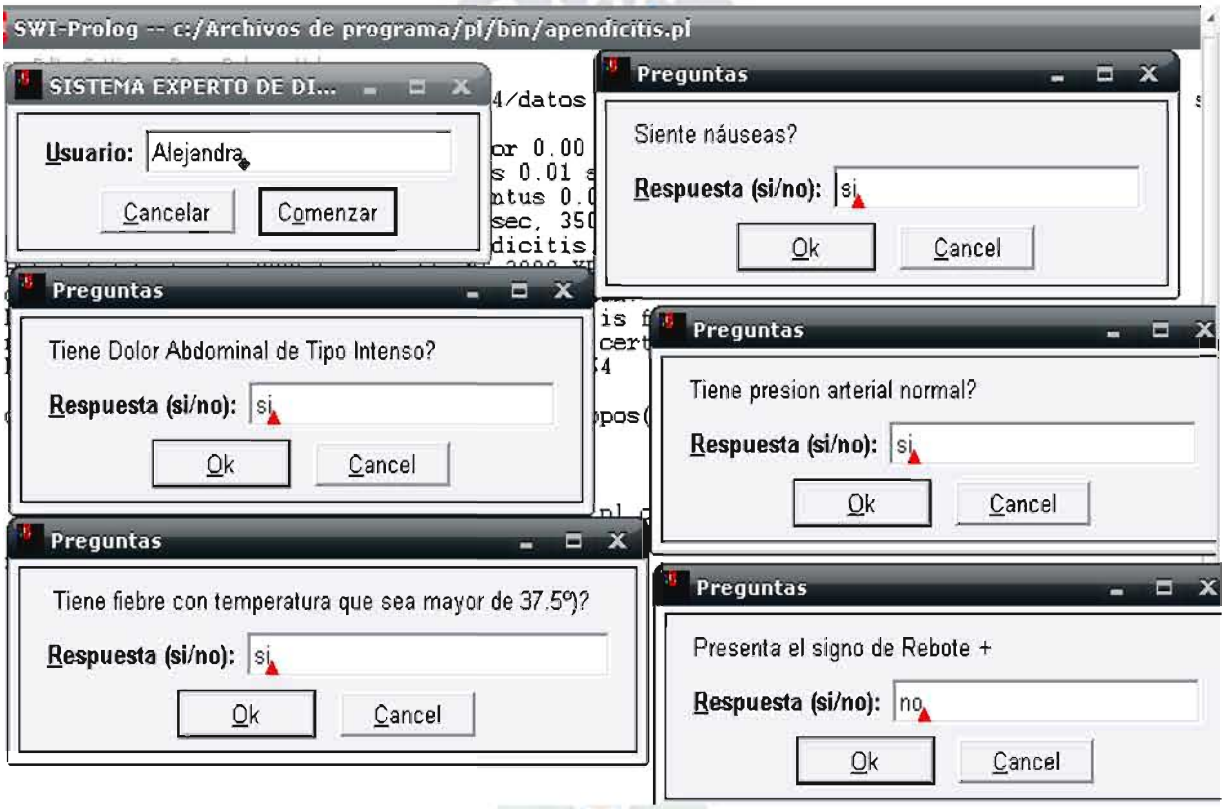
Dentro del rango de aplicación del sistema experto se consideran a pacientes que acuden a consultas del tipo de padecimiento gastrointestinal de la Clínica Señor de Exaltación ubicado en la Zona Norte de la Ciudad de La Paz. Para probar el sistema experto construido, se diseñan tres casos de prueba, los cuales son realizados en base al método de prueba de caja negra. Para realizar la simulación del funcionamiento del sistema experto

construido, se utilizan datos de pacientes que acudieron a consulta médica, que fueron proporcionados por el médico en turno de la Clínica.

Caso 1: Para la prueba Nº 1, se toman en cuenta los síntomas de entrada del paciente 1.

Las pantallas que se muestran a continuación sirven para el proceso de captura de los síntomas clásicos que presenta un paciente que puede tener Apendicitis Aguda. Estos síntomas son las variables de entrada o hechos que se almacena en la base de hechos.

Figura 4.2 Pantalla de Respuesta

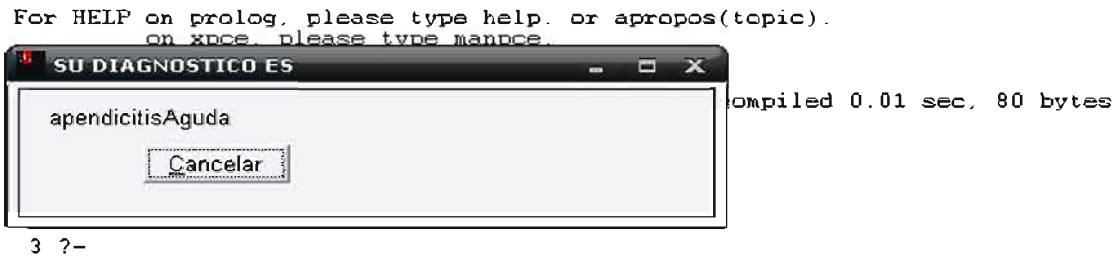


Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

La anterior pantalla (Ver figura 4.2) muestra primero el nombre de usuario que se debe introducir, al presionar comenzar, pasamos a la parte de las preguntas que hace el sistema experto, estas hay que responderlas con un si o con un no depende de los síntomas que padezca el paciente.

Una vez terminada la interrogación se deduce la enfermedad, y al final se presiona cancelar para terminar (Ver Figura 4.3).

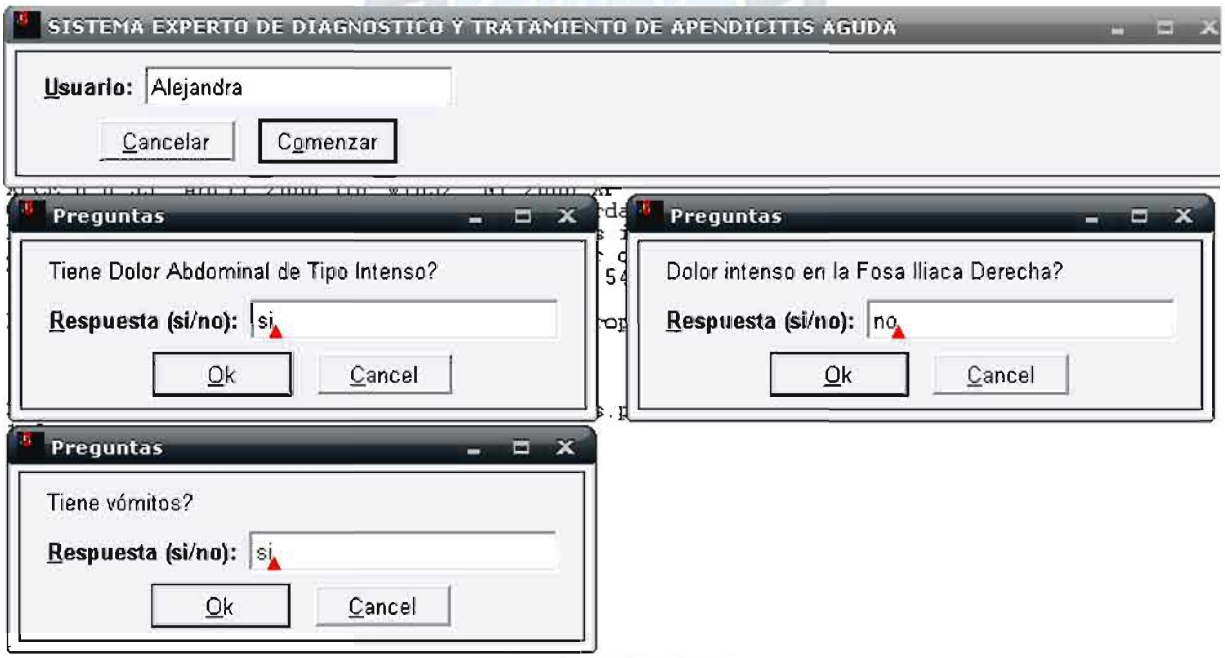
Figura 4.3 Pantalla de Salida



Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

Caso 2: Para la prueba Nº 2, se toman en cuenta los síntomas de entrada del paciente 2.

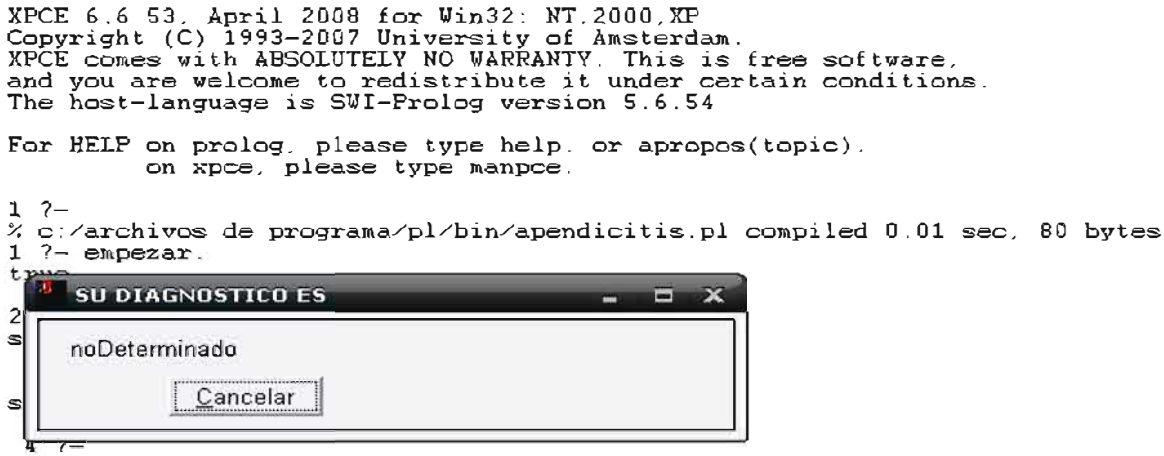
Figura 4.4 Pantalla de Respuesta



Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

La anterior pantalla (Ver Figura 4.4) muestra la consulta del paciente, pero cuando este en alguna de las preguntas primordiales la respuesta es no para establecer si este tiene apendicitis, el sistema responderá que no esta determinada su enfermedad (Ver Figura 4.5), ya que no presenta el síntoma de dolor intenso en la Fosa Iliaca Derecha, el cual es un síntoma importante que se toma en cuenta para al diagnostico de una apendicitis Aguda.

Figura 4.5 Pantalla de Salida



Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

4.3 VALIDACION DEL MODELO

Para la validación del sistema experto, se han considerado como casos de estudio diez historias clínicas de pacientes evaluados por el medico en turno. Por motivos de seguridad no se dan los nombres de los pacientes. Los diagnósticos correspondientes a los diez pacientes se comparan con los resultados obtenidos por el Sistema Experto (Ver Tabla 4.1) con la finalidad de determinar la validez.

Tabla 4.1 Casos de estudio

PACIENTE	EDAD	DIAGNOSTICO MEDICO	
		GRADO	TIEMPO DE RECUPERACION
Paciente 1	15	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 2	30	No tiene	Ir a otro especialista
Paciente 3	21	Diagnóstico 2	1 mes
Paciente 4	50	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 5	23	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 6	12	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 7	25	Diagnóstico 3	Depende de la operación
Paciente 8	16	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 9	28	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 10	30	Diagnóstico 2	1 mes

Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

Los resultados obtenidos por el Sistema Experto, considerando los mismos síntomas de pacientes sometidos a estudio son los siguientes (Ver Tabla 4.2):

Tabla 4.2 Resultados obtenidos por el sistema experto

PACIENTE	EDAD	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA EXPERTO	
		GRADO	TIEMPO DE RECUPERACION
Paciente 1	15	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 2	30	No tiene	Visitar otro especialista
Paciente 3	21	Diagnóstico 3	Depende de la operación
Paciente 4	50	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 5	23	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 6	12	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 7	25	Diagnóstico 3	Depende de la operación
Paciente 8	16	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 9	28	Diagnóstico 1	3 semanas
Paciente 10	30	Diagnóstico 2	1 mes

Fuente: [Elaboración Propia, 2009]

De las diez historias clínicas sometidas a estudio, se tienen los siguientes resultados:

- ✓ El Sistema experto obtuvo el mismo diagnóstico que el experto humano en 8 casos;
- ✓ El diagnóstico equivocado corresponde al paciente 3, cuyos síntomas fueron insuficientes, debido a que el especialista llevó a cabo estudios complementarios que no se contemplan dentro de las variables de entrada del Sistema Experto;
- ✓ Considerando las mismas variables de entrada (síntomas de pacientes), el Sistema Experto alcanzó un 80% de certeza en los diagnósticos obtenidos;
- ✓ El prototipo desarrollado en Base al modelo del Sistema Experto, tiene un interfaz amigable y fácil de usar, y obtuvo los mismos resultados encontrados en las pruebas de escritorio;
- ✓ Se ha demostrado que con la inferencia y el método de búsqueda propuesto se pueden obtener resultados similares al razonamiento del experto humano.

CAPITULO V

5 PARTE FINAL

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planteado en los objetivos general y específicos, se logró demostrar mediante esta investigación todo lo propuesto.

Se desarrolló la Base de conocimientos con la experiencia del experto Gastroenterólogo, a un nivel de confiabilidad aceptada por el mismo experto, de tal manera que se logró inferir los resultados de los diferentes casos de Apendicitis Aguda. La Base de conocimientos que fue diseñada mediante proposiciones o hechos extractados de los nodos terminales del árbol y/o, el cual preserva todo el conocimiento adquirido del experto gastroenterólogo.

Asimismo se ha diseñado un mecanismo de inferencia mediante las reglas de producción el cual realiza todo el manejo de la Base de Conocimientos

Se ha logrado construir un motor de inferencia mediante el método de Búsqueda en profundidad, de un árbol y/o que contiene los síntomas más frecuentes que presenta un paciente con Apendicitis Aguda, el cual realiza la búsqueda de la Base de Hechos.

El prototipo del sistema experto fue desarrollado en SWI-PROLOG (lenguaje de programación de programación lógica) denominado "SEDTAA", con el cual se realizaron pruebas y la validación del modelo.

Finalizando diremos que el Sistema Experto desarrollado coadyuva de manera eficiente en la identificación del tipo de Apendicitis Aguda no complicada, también al tipo de tratamiento que debe seguir el paciente que tiene está afección, ya que este tipo de enfermedad requiere de una adecuada toma de decisiones, de esta manera se cumple con el objetivo general y la hipótesis planteada.