

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE INFORMÁTICA**



**TESIS DE GRADO**

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE  
LA FIEBRE REUMÁTICA”**

PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIATURA EN INFORMATICA  
MENCION INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

**POSTULANTE:** CHOQUEHUANCA ALANOCA CARLA DANIELA

**TUTOR METODOLOGICO:** M.SC. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO

**ASESOR:** LIC. RAMIRO FLORES ROJAS

LA PAZ – BOLIVIA

2015



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE INFORMÁTICA**



**LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

*A Dios por no haberme abandonado en los momentos más difíciles de  
mi vida*

*A mis padres Esteban y Josefina por darme la vida, su amor, apoyo,  
comprensión, paciencia y sabia guía a lo largo de mi vida.*

*A mis hermanas Marisabel y Lesly por el apoyo incondicional que  
me dieron y por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento muy especial a mi Tutor Metodológico M.Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado, por brindarme su apoyo y sus conocimientos, su experiencia y sus consejos, su amistad y su confianza hacia mi persona. Su personalidad, su carisma y sus palabras estarán siempre conmigo.

De la misma manera un gran agradecimiento sincero a mi Asesor Lic. Ramiro Flores Rojas, por guiarme en las diferentes etapas de mi tesis, por su asesoramiento, colaboración y consejos, pero sobre todo por su paciencia y tiempo necesario para la conclusión de esta investigación.

Agradezco a mi familia, por toda su colaboración en todas las etapas de mi vida, por sus palabras de aliento y consejos que iluminaron mi camino en los momentos más difíciles.

A mi enamorado, mi mejor amigo, el que me acompaña en las buenas y las malas, muchas gracias por todo tu apoyo, paciencia, comprensión y por todo el amor que me das, te amo mucho Crissthiam Fernando Gálvez Claros.

Y por último a mis amigas, amigos que me acompañaron en todos estos años de estudio, por toda su colaboración y ayuda, por su comprensión y sobre todo por su amistad sincera.

## RESUMEN

La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en diferentes contextos (industrial, biológico, informático) está demostrado ser una herramienta muy útil. Los Sistemas Expertos son un área de la informática que se derivan de la (IA), en el campo de la medicina, se están implementando para ayudar al doctor en el dialogo clínico. Por otro lado, la fiebre reumática (FR) es una enfermedad desencadenada por la infección llamado Estreptococo. La enfermedad, que puede dañar permanentemente es el corazón, se manifiesta con una artritis transitoria. Dado que puede producir síntomas en las articulaciones se incluye dentro de las enfermedades reumáticas pediátricas.

En este trabajo de tesis se ha desarrollado la simulación del Sistema Experto el mismo que servirá de apoyo los profesionales de la salud y niños que padecen de Fiebre Reumática permitiendo realizar el diagnóstico y tratamiento sugerido de la enfermedad

Esta enfermedad se puede diagnosticar utilizando el método de Jones donde se realiza con criterios, una lista de criterios mayores y otra de criterios menores, para dar el diagnostico se requiere de una de las dos condiciones; 2 criterios mayores en el paciente o 1 criterio mayor y 2 criterios menores y el tratamiento consta de medicamentos antiinflamatorios, antibióticos, inyecciones de penicilina benzatina

Posteriormente se realiza la simulación del sistema experto a través de un prototipo desarrollado en Visual Basic 6.0 y se diseñan los casos de prueba que permiten verificar los resultados obtenidos comparados con resultados verídicos o reales proporcionados por el experto humano Dr. Eugenio Coca. Para ello se considera niños entre la edad de 5 a 15 años que hayan asistido a consulta médica en el Hospital Japonés en la ciudad de El Alto.

Finalmente se concluye que la hipótesis y cada uno de los objetivos se cumplen con la investigación y el trabajo realizado. De la misma forma se recomienda que existen muchos problemas que investigar dentro de las enfermedades Reumáticas. Los resultados obtenidos de las pruebas, se llegó a la conclusión que los diagnósticos obtenidos tienen un grado de confiabilidad de un 90% respecto a los resultados reales.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>xiv</b>
<b>MARCO INTRODUCTORIO</b>	<b>xiv</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.	xiv
1.2 ANTECEDENTES	xv
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	xix
1.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	xxi
1.4 HIPÓTESIS	xxi
1.5 OBJETIVOS	xxii
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	xxii
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	xxii
1.6 JUSTIFICACIÓN	xxii
1.6.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	xxii
1.6.2 JUSTIFICACIÓN ECONOMICA	xxii
1.6.3 JUSTIFICACIÓN CIENTIFICA	xxiii
1.7 LIMITES Y ALCANCES	xxiii
1.8 APORTES	xxiii
1.9 METODOLOGÍA	xxiv
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>xxv</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>xxv</b>
2.1 INTRODUCCIÓN	xxv
2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	xxvi
2.3 SISTEMAS EXPERTOS	xxvii
2.3.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	xxix
2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	xxx
2.3.3 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA EXPERTO	xxxi
2.3.4 COMPARACIÓN ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN SISTEMA CLASICO.	xxxii
2.3.5 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO	xxxii
2.4 LÓGICA DIFUSA	xl

2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS	xli
2.4.2 FUNCIONES DE PERTENENCIA	xlII
2.4.3 INFERENCIA DIFUSA	xlIII
2.4.4 REGLAS DIFUSAS	xlIII
2.4.5 IMPLICACIÓN DIFUSA	xlIV
2.5 FIEBRE REUMÁTICA	xlIV
2.5.1 SÍNTOMAS	xlVI
2.5.2 DIAGNÓSTICO	xlVII
Criterios mayores	xlVIII
Criterios menores	xlVIII
Otros signos y síntomas	xlIX
2.5.3 TRATAMIENTO	xlIX
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>li</b>
<b>MARCO APLICATIVO</b>	<b>li</b>
3.1 INTRODUCCIÓN	lii
3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	liii
3.2.1 IDENTIFICACIÓN	liii
3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	lvi
3.2.3 FORMALIZACIÓN	lviii
3.2.4 IMPLEMENTACIÓN	lxx
3.2.5 TESTEO	lxxi
3.2.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO	lxxx
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>lxxxI</b>
<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>lxxxI</b>
4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS	lxxxI
4.1.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ	lxxxII
4.1.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	lxxxIII
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>lxxxix</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>lxxxix</b>
5.1 CONCLUSIONES	lxxxix
5.2 RECOMENDACIONES	xc

BIBLIOGRAFIA .....	xcii
GLOSARIO.....	xciv
<b>ANEXO .....</b>	<b>xcvi</b>
Diagnostico.- Presenta Fiebre Reumática .....	xcvii
Tratamiento.- antiinflamatorio, Antibióticos, reposo se recomienda ver a su médico de cabecera para mayor seguridad.....	xcvii
Infección de Garganta como Faringitis Amigdalitis .....	xcvii
Proteína C Reactiva .....	xcvii
Factor Genético Familiares con Fiebre Reumática.....	xcvii
Diagnostico.- No presenta Fiebre Reumática.....	xcvii
Tratamiento.- Guarde reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando.....	xcvii

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>xiv</b>
<b>MARCO INTRODUCTORIO</b>	<b>xiv</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.-	xiv
1.2 ANTECEDENTES	xv
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	xix
1.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	xxi
1.4 HIPÓTESIS	xxi
1.5 OBJETIVOS	xxii
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	xxii
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	xxii
1.6 JUSTIFICACIÓN	xxii
1.6.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	xxii
1.6.2 JUSTIFICACIÓN ECONOMICA	xxii
1.6.3 JUSTIFICACIÓN CIENTIFICA	xxiii
1.7 LIMITES Y ALCANCES	xxiii
1.8 APORTES	xxiii
1.9 METODOLOGÍA	xxiv
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>xxv</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>xxv</b>
2.1 INTRODUCCIÓN	xxv
2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	xxvi
2.3 SISTEMAS EXPERTOS	xxvii
2.3.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	xxix
2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	xxx
2.3.3 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA EXPERTO	xxxii
2.3.4 COMPARACIÓN ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN SISTEMA CLASICO.	xxxii
2.3.5 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO	xxxii

2.4 LÓGICA DIFUSA	xl
2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS	xli
2.4.2 FUNCIONES DE PERTENENCIA	xlii
2.4.3 INFERENCIA DIFUSA	xliii
2.4.4 REGLAS DIFUSAS	xliii
2.4.5 IMPLICACIÓN DIFUSA	xliv
2.5 FIEBRE REUMÁTICA	xliv
2.5.1 SÍNTOMAS	xlvi
2.5.2 DIAGNÓSTICO	xlvii
Criterios mayores	xlviii
Criterios menores	xlviii
Otros signos y síntomas	xlix
2.5.3 TRATAMIENTO	xlix
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>lii</b>
<b>MARCO APLICATIVO</b>	<b>lii</b>
3.1 INTRODUCCIÓN	lii
3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	liii
3.2.1 IDENTIFICACIÓN	liii
3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	lvi
3.2.3 FORMALIZACIÓN	lviii
3.2.4 IMPLEMENTACIÓN	lxx
3.2.5 TESTEO	lxxi
3.2.6 REVISION DEL PROTOTIPO	lxxx
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>lxxxii</b>
<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>lxxxii</b>
4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS	lxxxii
4.1.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ	lxxxii
4.1.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	lxxxiii
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>lxxxix</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>lxxxix</b>
5.1 CONCLUSIONES	lxxxix

5.2 RECOMENDACIONES-----	xc
BIBLIOGRAFIA -----	xcii
GLOSARIO-----	xciv
<b>ANEXO -----</b>	<b>xcvi</b>
Diagnostico.- Presenta Fiebre Reumática -----	xcvii
Tratamiento.- antiinflamatorio, Antibióticos, reposo se recomienda ver a su médico de cabecera para mayor seguridad-----	xcvii
Infección de Garganta como Faringitis Amigdalitis -----	xcvii
Proteína C Reactiva-----	xcvii
Factor Genético Familiares con Fiebre Reumática-----	xcvii
Diagnostico.- No presenta Fiebre Reumática.-----	xcvii
Tratamiento.- Guarde reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando.-----	xcvii

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>xiv</b>
<b>MARCO INTRODUCTORIO</b>	<b>xiv</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.-	xiv
1.2 ANTECEDENTES	xv
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	xix
1.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	xxi
1.4 HIPÓTESIS	xxi
1.5 OBJETIVOS	xxii
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	xxii
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	xxii
1.6 JUSTIFICACIÓN	xxii
1.6.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	xxii
1.6.2 JUSTIFICACIÓN ECONOMICA	xxii
1.6.3 JUSTIFICACIÓN CIENTIFICA	xxiii
1.7 LIMITES Y ALCANCES	xxiii
1.8 APORTES	xxiii
1.9 METODOLOGÍA	xxiv
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>xxv</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>xxv</b>
2.1 INTRODUCCIÓN	xxv
2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	xxvi
2.3 SISTEMAS EXPERTOS	xxvii
2.3.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	xxix
2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	xxx
2.3.3 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA EXPERTO	xxxii
2.3.4 COMPARACIÓN ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN SISTEMA CLASICO.	xxxii

2.3.5 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO	xxxii
2.4 LÓGICA DIFUSA	xl
2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS	xli
2.4.2 FUNCIONES DE PERTENENCIA	xlII
2.4.3 INFERENCIA DIFUSA	xlIII
2.4.4 REGLAS DIFUSAS	xlIII
2.4.5 IMPLICACIÓN DIFUSA	xlIV
2.5 FIEBRE REUMÁTICA	xlIV
2.5.1 SÍNTOMAS	xlVI
2.5.2 DIAGNÓSTICO	xlVII
Criterios mayores	xlVIII
Criterios menores	xlVIII
Otros signos y síntomas	xlIX
2.5.3 TRATAMIENTO	xlIX
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>li</b>
<b>MARCO APLICATIVO</b>	<b>li</b>
3.1 INTRODUCCIÓN	li
3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	liII
3.2.1 IDENTIFICACIÓN	liII
3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	lVI
3.2.3 FORMALIZACIÓN	lvIII
3.2.4 IMPLEMENTACIÓN	lxx
3.2.5 TESTEO	lxxI
3.2.6 REVISION DEL PROTOTIPO	lxxx
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>lxxxI</b>
<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>lxxxI</b>
4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS	lxxxI
4.1.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ	lxxxII
4.1.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	lxxxIII
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>lxxxIX</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>lxxxIX</b>

5.1 CONCLUSIONES -----	lxxxix
5.2 RECOMENDACIONES-----	xc
BIBLIOGRAFIA -----	xcii
GLOSARIO-----	xciv
<b>ANEXO -----</b>	<b>xcvi</b>
Diagnostico.- Presenta Fiebre Reumática -----	xcvii
Tratamiento.- antiinflamatorio, Antibióticos, reposo se recomienda ver a su médico de cabecera para mayor seguridad-----	xcvii
Infección de Garganta como Faringitis Amigdalitis -----	xcvii
Proteína C Reactiva -----	xcvii
Factor Genético Familiares con Fiebre Reumática-----	xcvii
Diagnostico.- No presenta Fiebre Reumática.-----	xcvii
Tratamiento.- Guarde reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando.-----	xcvii

# CAPÍTULO 1

## MARCO INTRODUCTORIO

### 1.1 INTRODUCCIÓN.-

Los sistemas informáticos se han convertido en herramientas indispensables para automatizar y optimizar tareas que las personas realizan de forma repetitiva, permitiendo realizarlas de manera eficiente, además de disminuir el tiempo y costo que se invierte en ellas.

La Inteligencia Artificial es una rama de la informática que es aprovechada en simulaciones de sistemas complejos. Una parte de ellas son los sistemas expertos, los mismos que son entidades de software que a partir de un repositorio de conocimiento realiza un conjunto de operaciones destinadas a satisfacer las necesidades de un usuario o de otro programa.[Wooldridge y Jennings, 1995].

Un Sistema Experto es un sistema basado en el conocimiento que, mediante el buen diseño de su base de información y un adecuado motor de inferencia para manipular información proporciona una manera de determinar resoluciones finales dados ciertos criterios [Drouaillet R. P., 2008]. Un sistema experto de cómputo es el encargado de tomar decisiones altamente especializadas con base en los conocimientos de expertos sobre un área en particular, por lo que los datos son almacenados de forma estructurada para su

recuperación. Además de la capacidad de ofrecer soluciones sobre algún problema, incluye la explicación del porque se llegó a determinadas medidas. Los sistemas expertos desde hace mucho tiempo han sido aplicados y dirigidos al campo de la medicina. La medicina es un área en donde se requiere de mucho entrenamiento para ser un especialista, además, cuando existe una amplia diversidad de enfermedades y trastornos, los síntomas pueden ser confusos cuando se busca determinar rápidamente un diagnóstico oportuno, que puede significar la sobrevivencia o la muerte del paciente [Luchau, 2013]

Por otro lado, la fiebre reumática (FR) es una enfermedad inmune que afecta todo el organismo y que puede desarrollarse luego de una infección por una bacteria llamada estreptococo, como la amigdalitis estreptocócica y la escarlatina. La fiebre reumática puede dañar los tejidos del organismo causando hinchazón, pero el mayor peligro de la enfermedad es el daño que puede ocasionar al corazón. Más de la mitad de las veces, la fiebre reumática produce una cicatrización de las válvulas del corazón. Esta cicatrización puede estrechar la válvula y hacer que sea más difícil que ésta se abra bien o se cierre por completo. A su vez, el corazón tiene que esforzarse más por bombear sangre al resto del organismo. Este daño valvular puede dar lugar a una enfermedad denominada "cardiopatía reumática" la cual, con el tiempo, puede ocasionar una insuficiencia cardíaca congestiva.

Esta enfermedad es más común en los niños de 5 a 15 años de edad, aunque también puede desarrollarse en niños más jóvenes y adultos. Aunque es muy raro en los países desarrollados, la fiebre reumática sigue siendo común en muchos países en desarrollo.

Es por eso que la presente tesis de grado desarrollara un Sistema Experto para la detección y tratamiento de la fiebre reumática.

## **1.2 ANTECEDENTES**

A comienzos de los años 50 el conocido Alan Mathinson Turing publicó “Inteligencia y Funcionamiento de las Maquinas” con el fin de demostrar hasta qué punto estas tienen inteligencia. “Bajo inteligencia se entiende la capacidad de un ser vivo o una máquina de

ordenar informaciones, extensas observaciones, experiencias, descubrir interrelaciones para abstraer de esta forma cosas y poderlas ligar entre sí” [Sporn, 1971].

Al trascurrir el tiempo, después del descubrimiento de la Inteligencia Artificial, se quería que los ordenadores sean capaces de ayudar al hombre, por ello surgen los primeros sistemas expertos.

En el ámbito de los sistemas expertos para la ciencia médica, se puede hablar de paquetes de diagnóstico médico. Se han desarrollado varios sistemas expertos para diagnosticar enfermedades y recomendar tratamiento, entre estas se puede mencionar a MYCIN, sistema experto relacionado con la “inteligencia artificial en la medicina”, que está orientado al diagnóstico y tratamiento de enfermedades infecciosas y cuya principal característica es la forma de representar y procesar la incertidumbre mediante los ahora conocidos “factores de confianza”, que son entendidos como medidas subjetivas del experto para calificar y procesar, de manera bastante elemental, la incertidumbre; HELP, sistema experto que se emplea para diagnosticar los problemas de pacientes enfermos del corazón; y por último a PUFF otro sistema experto de tratamiento, que se encarga de medir funciones pulmonares [Drouaillet, 2008].

La fiebre reumática es una enfermedad inflamatoria sistémica del tejido conectivo, aguda o subaguda, que aparece como una secuela retardada de una infección faríngea por estreptococos del grupo A en personas con predisposición genética a la enfermedad. Compromete principalmente el corazón, las articulaciones y el sistema nervioso central.

La fiebre reumática continúa siendo en las zonas rurales un problema de salud, especialmente en niños. Con frecuencia se consulta en los servicios de urgencia por un cuadro febril agudo con artritis concomitante. El saber reconocer y tratar la fiebre reumática en sus estados iniciales evita las secuelas cardíacas posteriores.

1945.- En la ciudad de La Paz sólo existía un cardiólogo, el Dr. Miguel Granados García, y poco se sabía de la fiebre reumática y menos de su control. Por esa época, se empezaba a formar como cardiólogo en Buenos Aires, Argentina, el Dr. Julio Ybarnegaray

Aramayo, antes de la utilización de la circulación extracorpórea para la cirugía de las válvulas cardíacas.

1948 a 1955.- El Dr. Ybarnegaray, a su retorno, crea un servicio de cardiología en el Hospital Santa Bárbara de Sucre.

1955.- El Dr. Ybarnegaray organiza el servicio de cardiología del Hospital Obrero de la Caja Nacional de Seguridad Social (CNSS) en La Paz, época en la que empieza la cirugía mitral cerrada a cargo del Dr. Emilio Salgueiro (10 casos reportados en 1957).

1968.- III Conferencia Panamericana sobre Fiebre Reumática (FR) en las Américas en Lima Perú, en la cual los Drs. Ybarnegaray y Luis Otero Calderón presentaron un informe sobre el estado actual del manejo de la FR en Bolivia, donde se precisa que no hay aún estudios poblacionales adecuados para cuantificar el problema, excepto un estudio piloto en la población escolar del barrio de Miraflores (La Paz). En dicho informe también se señalan las deficiencias en la detección y manejo de la enfermedad y se presenta la frecuencia de la cardiopatía reumática (CR) en el Instituto Nacional del Tórax (INT) y centros de la CNSS, donde se observa que la CR constituye el mayor porcentaje de internamientos y defunciones por enfermedades del corazón en los hospitales públicos. Las recomendaciones que surgen del informe son:

- a.- Primero conseguir la dictación de un Decreto Supremo que obligue a ser denunciada la FR a las autoridades de Salud Pública.
- b.- En segundo lugar organizar un servicio independiente y bien dotado de lucha contra la FR, constituido por un comité especial formado por representantes de los Ministerios de Salud Pública, Trabajo, Asuntos Campesinos y Educación, de la CNSS y de la Sociedad Boliviana de Cardiología.
- c.- Finalmente, comenzar una campaña antirreumática zonal, luego urbana y por último de carácter nacional.

En el 2012 el Dr. Imaña presenta al Congreso Nacional de Cardiología la casuística del Hospital del Niño de La Paz Bolivia de 1979 a 1995, reportando un registro de 446 pacientes de fiebre reumática entre 5 y 14 años, 285 mujeres y 161 varones. El 71% (317 casos) habían sido detectados en fase aguda y el 29% restante (129 casos) en fase crónica. El promedio de casos incorporados al registro por año era de 27.8 y el mensual de 2.3. Sin embargo, la tendencia general observada es declinante, como que en la actualidad en el primer trimestre del 2012 no se ha registrado ningún caso en fase aguda. Llama la atención que la forma clínica más frecuente es la artritis (50%), seguida de carditis (47%) y corea (27%). El porcentaje suma más de 100% por las formas combinadas de presentación. Sólo en 4 pacientes (0.9%) se observó eritema marginado y en 2 nódulos subcutáneos (0.45%). En el 87.8% de los casos con daño valvular estaba comprometida la válvula mitral. En 1/3 de los pacientes no se pudo identificar antecedentes del brote inicial, las recurrencias se dieron en el 7% de los que no cumplieron prevención secundaria y en un 0.7% de los que la llevaban de forma más o menos regular. La mortalidad global del grupo fue 1.5%.

En la casuística de cardiología pediátrica que se hizo en 2 meses del 2010, sólo se registraron 3 pacientes con cardiopatía reumática sobre un total de 300 pacientes. En la actualidad no hay ningún programa formal de control de la enfermedad,

Últimamente se ha visto la incursión de sistemas de informáticos en el área de la medicina que apoyan y ayudan a dar un diagnóstico de una enfermedad determinada entre ellos podemos mencionar:

- Tesis de Grado “Modelo de Diagnostico Para Enfermedades Respiratorias Crónicas”, utiliza Redes Neuronales y Lógica Difusa para representar el conocimiento del especialista y logrando que la red neuronal pueda inferir un diagnostico e indicar su tratamiento. [Uchani, 2003].
- Tesis de Grado “Sistemas Expertos Híbridos Para el Diagnostico Medico”, se desarrolló un modelo computacional que integra una red neuronal artificial y el razonamiento basados en casos. Este modelo permite implementar sistemas expertos para el diagnóstico utilizado como fuente de conocimiento un conjunto

representativo de problemas resueltos. La red neuronal infiere un diagnóstico posible y este se justifica o rechaza usando un enfoque basado en casos.

- Tesis de Grado “Sistemas Expertos para el diagnóstico de Cáncer de piel”, este sistema utiliza la Lógica Difusa como modelo de inferencia para dar un diagnóstico confiable e indicar su respectivo tratamiento. [Machaca, 2005].
- Tesis de Grado “Sistemas Expertos para el Diagnóstico y Tratamiento de Cáncer de Próstata”. utiliza Redes neuronales Lógica Difusa para representar el conocimiento del especialista logrando que pueda inferir la red neuronal y desplegando un diagnóstico e indicar su tratamiento. [Chambi, 2007].
- Tesis de Grado “Sistema Experto para el Diagnóstico del Cáncer de Riñón”. Utiliza Lógica Difusa para representar el conocimiento del especialista logrando el diagnóstico y tratamiento de forma que ayude al paciente a mejorar la situación o evolución en que se encuentra su cáncer [Gálvez, 2012]
- Tesis de Grado “Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Artritis Reumatoide” Utiliza Lógica Difusa y desarrollando un motor de inferencia en base a reglas con la herramienta de programación SWI-Prolog [Mamani, 2013].

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-

Para el desarrollo de la presente tesis se obtuvieron diversos problemas, los cuales se detallaron en la siguiente tabla con causas y efectos de cada una de los problemas. Ver Tabla 1.1

PROBLEMA	CAUSA	EFECTO	SOLUCION
El Profesional Médico no se puede encontrar en diferentes lugares a la vez.	Retraso en el Diagnóstico y su Tratamiento.	Paciente en espera que puede complicarse su situación.	Desarrollar un modelo de Sistema Experto para su uso sin la presencia del experto medico de área.
Existe una educación reducida en la ciudadanía en	Existen consecuencias y daños severos que	Aumento de mortalidad en la sociedad a causa	Intensificar los programas de información hacia la

cuanto a las consecuencias y daños severos que puede causar la fiebre reumática.	puede causar la fiebre reumática en el corazón, articulaciones, etc. si no se trata a tiempo.	de la fiebre reumática.	sociedad.
Por situación económica varias personas no realizan el diagnostico tradicional.	Aumenta la incidencia y prevalencia de estas enfermedades.	Aumento de mortalidad, por recursos económicos.	Desarrollar programas de salud donde se pueda atender gratuitamente a las personas.
El diagnostico de C.N.S. es moroso y el médico no realiza todas las atenciones en un tiempo determinado.	El tratamiento se realiza a destiempo, es lento y podría causar que el paciente se agrave.	Por el tiempo de espera el paciente puede agravar su situación.	Con el Desarrollo del modelo de sistema experto, se podría agilizar los diagnósticos para el respectivo tratamiento.
El Trabajo que realiza el pediatra es de forma aislada.	Existen contradicciones en la forma del tratamiento con el tratamiento del médico pediatra	El tratamiento que se realice al paciente puede ser poco óptimo.	El conocimiento del pediatra será almacenado en el modelo de sistema experto.
El experto no está disponible en fechas festivas, sábados y domingos.	Los síntomas del paciente podrían agravarse.	La situación del paciente podría agravarse por la espera.	El modelo de sistema experto estará disponible siempre, aun sin la presencia del profesional.

**TABLA 1.1: Causa – Efecto**

**Fuente:** Elaboración propia

### 1.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El principal problema que se pretende resolver con el desarrollo del presente trabajo es el siguiente:

***¿De qué manera se puede ayudar al Pediatra a diagnosticar la Fiebre Reumática (FR) en niños de 5 a 15 años?***

### 1.4 HIPÓTESIS

La hipótesis planteada a demostrar es:

***Hi. La Lógica Difusa permite al Sistema Experto diagnosticar la Fiebre Reumática a niños de 5 a 15 años con una confiabilidad del 90%.***

### VARIABLES



## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de la Fiebre Reumática en niños de 5 a 15 años que sea útil para el Pediatra al momento de emitir el diagnóstico y tratamiento adecuado y así prevenir futuras complicaciones agresivas de la enfermedad

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Capturar, ordenar y distribuir el conocimiento de los expertos humanos en una base de conocimiento.
- Diseñar la base de conocimiento y reflejar la experiencia del médico especialista en el tratamiento de la fiebre reumática usando lógica difusa.
- Construir la base de conocimientos mediante el árbol de decisiones para el diagnóstico de la Fiebre Reumática.
- Diseñar y programar el prototipo del Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de la Fiebre Reumática aplicando la metodología Buchanan.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

### **1.6.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

El Sistema Experto ayudara de gran manera a la sociedad en especial a los médicos generales y pediatras, será una herramienta importante de consulta de esta manera podrán obtener diagnósticos más elocuentes a los pacientes.

### **1.6.2 JUSTIFICACIÓN ECONOMICA**

Con la implementación del Sistema Experto, el médico especialista podrá obtener el apoyo en su diagnóstico de manera más confiable, precisa y rápida, reduciendo el tiempo de las consultas médicas por cada paciente. La reducción de tiempo implica obtener el diagnóstico de una manera eficiente optimizando e incrementando así las ganancias en términos monetarios del profesional médico.

Por otra parte, el uso del sistema experto en lugares donde no existe especialistas será de mayor beneficio para los pacientes ya que se ahorrara en los gastos que puedan generarse en cuanto a los traslados a clínicas para realizarse el diagnóstico y recibir un tratamiento adecuado.

### **1.6.3 JUSTIFICACIÓN CIENTIFICA**

En el área de la medicina el sistema contribuirá a una nueva forma de disposición, donde los usuarios sean o no especialistas, tendrán un instrumento de consulta para obtener un diagnóstico preciso. El modelo del sistema será una guía para la construcción de sistemas informáticos de diagnóstico de enfermedades, además de contener un respaldo teórico que servirá para futuras investigaciones en el área de sistemas expertos en el área de la medicina.

### **1.7 LIMITES Y ALCANCES**

Del área de la Informática se aplicara los conocimientos relacionados a los Sistemas Expertos, que son programas capaces de resolver problemas en un área determinada del conocimiento y que requieren del conocimiento de un experto humano, pudiendo mejorar su productividad, ahorrar tiempo y dinero, conservar su valioso conocimiento y difundir más fácilmente.

En este presente trabajo cabe mencionar las limitaciones que tendrá nuestro Sistema Experto, puesto que sus principales funciones serán la de brindar una atención de detección de niños entre 5 a 15 años de edad debido a que la Fiebre Reumática ataca más a los niños en ese rango de edad.

Desarrollar una interfaz que permita comunicarse con el usuario de manera amigable e inteligente durante el proceso del diagnóstico.

### **1.8 APORTES**

El presente trabajo tiene como principal aporte practico, desarrollar e implementar un sistema experto que ayude a determinar el diagnóstico y tratamiento en niños de 5 a 15 años que padecen fiebre reumática, la cual pueda de alguna manera servir de apoyo tanto al profesional médico especializado o no especializado, como también al paciente,

demostrando que los sistemas Expertos aplicados a la medicina son funcionales y confiables al momento de emitir diagnóstico.

Por otro lado, el presente trabajo podrá incentivar al desarrollo e implementación de nuevos sistemas expertos aplicados en el área de la medicina, sistemas expertos que sean construidos en beneficio a la humanidad.

## 1.9 METODOLOGÍA

Los métodos, técnicas y herramientas son utilizadas para alcanzar las metas y objetivos propuestos en el desarrollo del presente trabajo son:

- Para la elaboración del presente trabajo de investigación se empleará el Método Científico, metodología que es muy importante para poder resolver los problemas en el área de la salud aplicando diferentes principios y conceptos que clasifican la teoría práctica.
- Para el diseño del sistema experto se utiliza la metodología de Buchanan, metodología que se basa en la adquisición de conocimiento de distintas fuentes tales como libros, revista, artículos y expertos profesionales.
- La técnica utilizada en el siguiente trabajo es la aplicación de la lógica difusa en la adquisición e interpretación del conocimiento en el diseño del sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática.
- Por último la herramienta en la cual es programada e implementada el prototipo del sistema experto es en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0

# CAPÍTULO 2

## MARCO TEÓRICO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se menciona la definición, estructura y funcionamiento de los sistemas expertos, así también una breve descripción de los primeros sistemas expertos desarrollados, las ventajas, desventajas y las limitaciones que presenta un SE. Se menciona las distintas etapas o fases que presenta la metodología Buchanan, tales como: Identificación, Conceptualización, Formalización, Implementación, testeo y revisión del prototipo.

Se hace una descripción general que es la lógica difusa o borrosa, los conjuntos difusos, la función de pertenencia, las variables lingüísticas, la inferencia difusa, las reglas difusas y la implementación difusa. Y por último se realizara una explicación de la fiebre reumática, que factores podrían ser la causa de su origen, los síntomas que presenta, el cómo hacer un diagnóstico y las formas de tratamiento que se deberían seguir.

## 2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial representa un gran volumen de conocimiento y técnicas que han sido desarrolladas por muchos investigadores desde finales de la década de 1950. Durante este periodo han aparecido numerosas definiciones de la IA, pero ninguna ha sido de aceptación general. Algunas de las definiciones de Inteligencia Artificial son:

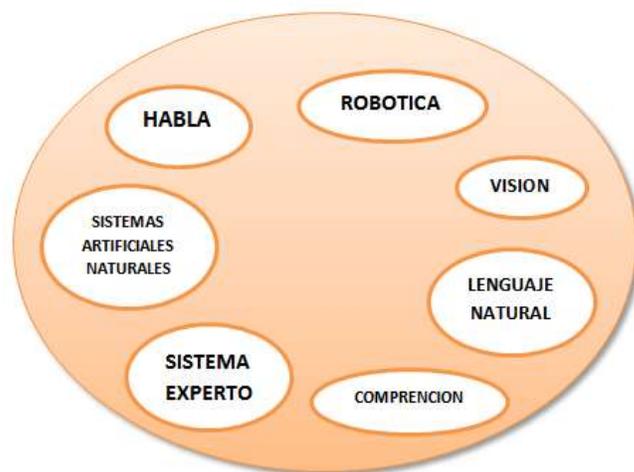
- La I.A. tiene como propósito reproducir las acciones y el razonamiento de los seres vivos inteligentes en dispositivos artificiales, cuyo objetivo es conseguir una teoría comprensiva de la inteligencia tal y como aparece en animales y maquinas.
- La I.A. es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador mediante la aplicación de procesos que son análogos al proceso del razonamiento humano.[Rolston, 1995]
- La I.A. busca buscar procedimientos, métodos y técnicas que se asocien a la capacidad de pensar y razonar hasta de manera inteligente. En este proceso pretende automatizar las tareas del pensamiento y razonamiento humano, proveyendo un modelo cognitivo de sus funcionamientos. [García Martínez & Britos, 2004]

Debido a que la inteligencia artificial tuyo muchos padres no hay un consenso para definir ese concepto, por tanto se puede decir que la inteligencia artificial se encarga de modelar la inteligencia humana en sistemas computacionales exhibidos en artefactos creados por humanos.

Puede decirse que la Inteligencia Artificial es una de las Áreas más fascinantes y con más retos de las ciencias de la computación, en su área de la ciencia cognoscitiva. Nació como un estudio filosófico y agonístico de la inteligencia humana, mezclada con la inquietud del hombre de imitar la naturaleza circunda mente, hasta inclusive querer imitarse a sí mismo. Sencillamente la Inteligencia Artificial busca el imitar la inteligencia humana. Obviamente no lo ha logrado todavía o al menos no completamente.

El termino Inteligencia cubre muchas habilidades conocidas, incluyendo la capacidad de solucionar problemas, de aprender y de entender lenguajes, la I.A. dirige todas estas habilidades. La mayoría de los esfuerzos en I.A. se han hecho en el área de solucionar los problemas, los conceptos y los métodos para construir los programas que razonan acerca de los problemas y que luego calculan una solución. Los programas de I.A. que logran la capacidad experta de solucionar problemas aplicando las tareas específicas del conocimiento se llaman Sistemas Basados en Conocimiento o Sistemas Expertos.

El campo de la inteligencia artificial engloba y tiene muchas áreas de interés como se muestra en la figura 2.1, tales como los sistemas expertos ya que es una aproximación muy exitosa a la solución de los problemas clásicos de la I.A. en la programación de inteligencia.



**Figura 2.1 Algunas áreas de la Inteligencia Artificial**

**Fuente: [Giarratano, 2001]**

### **2.3 SISTEMAS EXPERTOS**

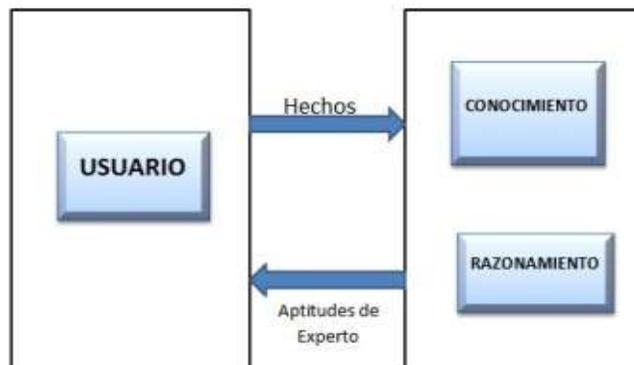
Los Sistemas Expertos son sistemas informáticos que forman parte de la Inteligencia Artificial, estos simulan el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia. Estas características le permiten almacenar datos y conocimiento, sacar conclusiones lógicas, tomar decisiones, aprender de la experiencia y los datos existentes,

comunicarse con expertos humanos, explicar el porqué de las decisiones tomadas y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior.

Según el profesor Edwar Feigenbaum de la universidad de Stamford pionero en la tecnología de los sistemas expertos, los ha definido 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 la solución”, es decir un sistema experto es un sistema de cómputo que emula la habilidad de tomar decisiones de un especialista humano. El termino emula significa que el sistema experto tiene el objetivo de actuar en todos los aspectos como un especialista humano. [Giarratano, 2001]

Un Sistema Experto, técnicamente consta de una base de conocimiento que incluye la experiencia acumulada de expertos humanos y un conjunto de reglas para aplicar esta base de conocimientos en una situación particular que se le indica al programa.

Como se muestra en la figura 2.2 la estructura y conocimiento básico de un sistema experto consta de: una base del conocimiento que incluye hechos y reglas codificadas apropiadamente (este conocimiento se puede obtener por experiencia o consulta de los conocimientos que suelen estar disponibles en libros, revistas y con personas capacitadas), y una máquina de inferencias, cuyo cometido es el de activar las reglas para que se pueda obtener la solución del problema.



**Figura 2.2 Funcionamiento Básico de un Sistema Experto**

**Fuente: [Giarratano, 2001]**

### 2.3.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

La tecnología representada por los sistemas expertos actuales, surge de las técnicas de inteligencia artificial que han sido objeto de amplias e intensivas investigaciones desde finales de la década de 1950. Las investigaciones referidas comenzaron en el área de lenguaje para apoyar el razonamiento simbólico. El lenguaje de programación IPL, el primer lenguaje simbólico, para procesamiento de listas, se emplearon ampliamente en las primeras implementaciones de I.A., LIS actualmente uno de los más populares para I.A. en USA, fue desarrollado por Jhon McCarthy en 1958. [Rolston, 1995]

A través de la historia de los sistemas expertos se ve claramente que el éxito de un sistema experto depende casi exclusivamente de la calidad de su base de conocimiento. En la Tabla 2.1 se presenta de manera resumida los primeros Sistemas Expertos y sus aplicaciones.

SISTEMA	FECHA	AUTOR	APLICACIÓN
DENDRAL	1965	Stanford	Deduce información sobre estructuras Químicas
MACSYMA	1965	MIT	Análisis matemático complejo
HEARSAY	1965	Carnegie – Mellon	Interpreta el lenguaje natural un subconjunto del idioma
MYCIN	1972	Stanford	Diagnóstico de enfermedades de la sangre
TIERESIAS	1972	Stanford	Herramienta para la transformación de conocimiento.
PROSPECTOR	1972	Stanford	Exploración mineral y herramientas de identificación.
AGE	1973	Stanford	Herramientas para generar Sistemas Expertos
OPS5	1974	Carnegie – Mellon	Herramienta para desarrollo de Sistema Experto

<b>CADUCEUS</b>	1975	University of Pittsburg	Herramienta de diagnóstico para medicina interna.
<b>ROSIE</b>	1978	Rand	Herramienta de desarrollo de Sistema Experto
<b>R1</b>	1978	Carnegie – Mellon	Configurador de equipos de computación para DEC.

**Tabla 2.1 Primeros Sistemas Expertos.**

**Fuente: [Rolston, 1995]**

### 2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos presentan varias ventajas, estas son:

- **Permanencia.** A diferencia de un experto humano un SE (sistema experto) no envejece, y por tanto no sufre pérdida de facultades con el paso del tiempo.
- **Mayor disponibilidad.** La experiencia está disponible para cualquier hardware de computo adecuado, es decir un SE es la producción masiva de experiencia.
- **Duplicación.** Una vez programado un SE lo podemos duplicar infinidad de veces.
- **Rapidez.** Un SE puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que cualquier ser humano.
- **Bajo costo.** A pesar de que el costo inicial pueda ser elevado, gracias a la capacidad de duplicación el coste finalmente es bajo.
- **Entornos peligrosos.** Un SE puede trabajar en entornos peligrosos o dañinos para el ser humano.
- **Fiabilidad.** Los SE no se ven afectados por condiciones externas, un humano sí (cansancio, presión, etc.).
- **Consolidar varios conocimientos.** Nos permiten conformar una base de conocimiento.
- **Respuesta rápida.** Muchas veces un SE puede proporcionar respuestas más rápidas que las de un especialista.
- **Apoyo Académico.** La Inteligencia Artificial siempre ha recibido un buen apoyo académico.

Por otro lado, los Sistemas Expertos presentan grandes carencias frente a los seres humanos según (Dones, 2005), estas desventajas son:

- **Sentido común.** Para un Sistema Experto no hay nada obvio.
- **Lenguaje natural.** Con un experto humano podemos mantener una conversación informal mientras que con un SE no podemos.
- **Capacidad de aprendizaje.** Cualquier persona aprende con relativa facilidad de sus errores y de errores ajenos, que un SE haga esto es muy complicado.
- **Perspectiva global.** Un experto humano es capaz de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.
- **Capacidad sensorial.** Un SE carece de sentidos.
- **Flexibilidad.** Un humano es sumamente flexible a la hora de aceptar datos para la resolución de un problema.
- **Conocimiento no estructurado.** Un SE no es capaz de manejar conocimiento poco estructurado.
- **Experiencia sensorial.** Los SE, en la actualidad, se limitan a recibir información.

### 2.3.3 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA EXPERTO

Un Sistema Experto según (Giarratano, 2001) suele diseñarse para que tenga las siguientes características:

- ✓ Alto desempeño. La calidad de la respuesta del SE debe de ser de un nivel igual o superior al de un especialista en el campo.
- ✓ Tiempo de respuesta adecuado. El SE debe actuar en un tiempo razonable, comparable o mejor al tiempo requerido por el especialista para alcanzar una decisión.
- ✓ Confiabilidad. El SE debe ser confiable y no propenso a “caídas”
- ✓ Comprensible. El SE debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento mientras se ejecutan, de tal modo que sea comprensible.
- ✓ Flexibilidad. Debido a la gran cantidad de conocimiento que un S.E. puede tener, es importante contar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimiento.

### 2.3.4 COMPARACIÓN ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN SISTEMA CLASICO.

SISTEMA EXPERTO	SISTEMA CLASICO
Base de conocimiento separada del mecanismo.	Conocimiento y procesamiento combinado en un programa.
Puede contener errores.	No tiene errores.
Una parte del sistema experto forma la parte del módulo de explicación.	No da explicación, los datos solo se usan o se escriben.
Los cambios en las reglas, e interacción de estas se hacen de manera sencilla.	Los cambios son tediosos.
El sistema puede prescindir de algunas reglas y componentes.	El sistema solo opera completo.
La ejecución utiliza heurística y lógica.	Su ejecución es paso a paso.
Puede operar con información incompleta.	Necesita información completa para operar.
Represente y usa conocimientos.	Representa y usa datos.
Puede abarcar una amplia gama de dominios.	Trabajan sobre un único dominio.

**Tabla 2.2 Comparación Sistema Experto Vs Sistema Clásico**

**Fuente: [Elena, 1989]**

### 2.3.5 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

Los sistemas expertos emplean una amplia variedad de arquitecturas específicas en sus sistemas. A pesar de las diferencias significativas, la mayoría de las arquitecturas tienen muchos componentes en común. La figura 2.3 muestra una arquitectura general de cualquier sistema experto con sus componentes típicos.

Un sistema experto como tal debe estar bien estructurado ya que su trabajo es muy difícil, a continuación se dan mayores detalles de las partes o componentes principales de un SE.

#### **2.3.5.1 BASE DE CONOCIMIENTO (BC)**

La BC puede definirse como la unión del conjunto de aserciones y el conjunto de reglas. La BC contiene el conocimiento que el SE maneja, es decir una formulación manipulable, del área del conocimiento sobre el cual el sistema es experto. Su construcción es un punto crucial en el desarrollo de SE ya que un error en su diseño lleva directamente a su mal funcionamiento, su función es suministrar al motor de inferencia, información sobre la naturaleza del problema a manejar.

#### **2.3.5.2 BASE DE HECHOS (BH)**

Comúnmente llamada también Base de Hechos. Está formada por distintos datos sobre el problema particular que el sistema experto está intentando resolver, su función es suministrar información al motor de inferencia.

#### **2.3.5.3 MEMORIA DE TRABAJO (MT)**

Es una base de datos temporal, en la cual el motor de inferencia deja información deducida a partir de: la Base de Conocimiento, la Base de Datos y la memoria de Trabajo.

#### **2.3.5.4 MOTOR DE INFERENCIA (MI)**

Es el sistema de software que ubica los conocimientos e infiere nuevos, usados la base de conocimiento, trabaja de la siguiente manera: El MI activa las reglas en función de la información contenida en la base de datos y de memoria de trabajo, la nueva información es puesta en la memoria de trabajo, también se encarga de proporcionar al trazador de explicaciones, las reglas que motivaron una determinada consulta al usuario.

El paradigma del MI es la estrategia de búsqueda que se emplea para producir el conocimiento demandado, varios paradigmas diferentes se emplean en un SE, pero la mayoría de ellos se basan en dos conceptos fundamentales que son:

- Encadenamiento hacia atrás (o retro encadenamiento) que es un proceso de razonamiento descendente, que se inicia a partir de los objetivos deseados y trabaja hacia atrás en dirección a las condiciones pre-requisitos.
- Encadenamiento hacia adelante (o encadenamiento frontal) que es un procesamiento de razonamiento ascendente que se inicia con condiciones conocidas y trabaja hacia adelante para alcanzar los objetivos deseados.

#### **2.3.5.5 TRAZADOR DE CONSULTAS (TC)**

Organiza y presenta en una forma semántica y sintácticamente aceptable para el usuario, los requerimientos de información del sistema, las respuestas suministradas por el usuario serán asentadas en la Memoria de Trabajo

#### **2.3.5.6 EL TRAZADOR DE EXPLICACIONES (TE)**

Llamado también como Modo de Explicación. Un sistema experto debe diseñarse para brindar la facultad de explicación que generalmente está ausente en los sistemas tradicionales, esta consiste en una identificación de los pasos en el razonamiento y de una justificación de cada uno de ellos. Interpreta requerimientos del usuario sobre el porqué de determinadas preguntas por parte del sistema, trazando la justificación de las mismas, es decir explica al usuario la estrategia de solución encontrada y el porqué de las decisiones tomadas. Esta traza se realiza utilizando información que le suministra el Motor de Inferencia.

#### **2.3.5.7 EXPERTO HUMANO**

La función que cumple es la de ordenar, estructurar y fundamentar su conocimiento, respecto de las preguntas formuladas por el ingeniero del conocimiento, que exige razones, explicando los porqué de las mismas y controla la coherencia del conocimiento en su conjunto, no permitiendo contradicciones en el mismo.

#### **2.3.5.8 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO**

Depura el conocimiento realizando un control más ordenado y fiable avisando de las imperfecciones detectadas. Es frecuente encontrar contradicciones, lo que podría impedir su correcto funcionamiento. Este módulo permite al ingeniero del conocimiento y/o experto la

construcción de la base de conocimiento de una forma sencilla, mas como disponer de una herramienta de ayuda para actualizar la base de conocimiento cuando sea necesario.

### 2.3.5.9 INGENIERO DEL CONOCIMIENTO

Es la persona que obtiene los conocimientos del área del experto y la transporta a la base de conocimientos.

### 2.3.5.10 INTERFAZ DE USUARIO

Es el mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema Experto,

### 2.3.5.11 USUARIO

El usuario aporta sus deseos e ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicarse el sistema experto.

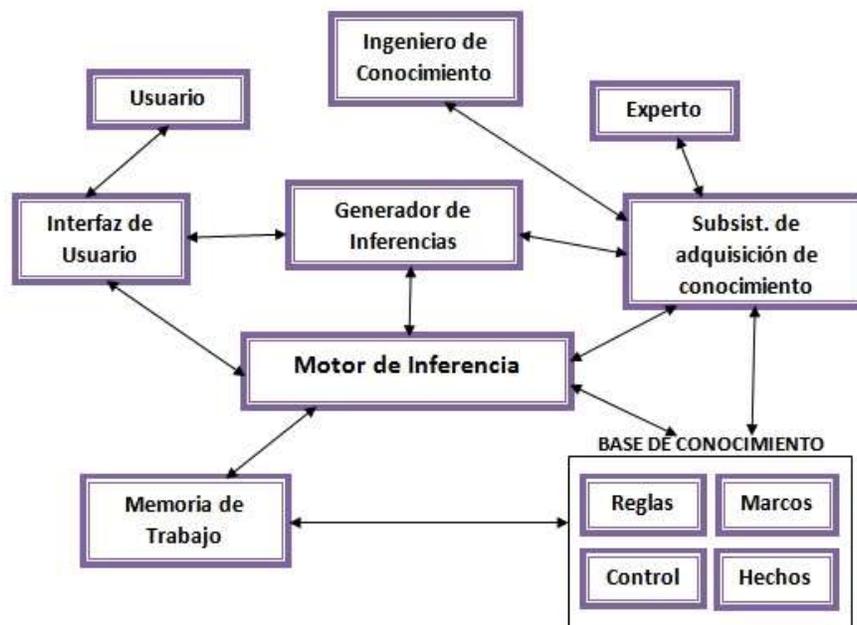


Figura 2.3 Arquitectura General de un Sistema Experto

Fuente [Dones, 2005]

### 2.3.6 METODOLOGÍA BUCHANAN

La metodología que se utiliza es la de Buchanan que tiene como pilar básico la adquisición de conocimiento de distintas fuentes, como ser libros, expertos, otros. [García Martínez & Britos, 2004]

Las etapas que contempla esta metodología y que el ingeniero de conocimiento debe pasar para construir un Sistema Experto son seis:



**Figura 2.4 Etapas de la Metodología Buchanan**

**Fuente: [Buchanan, 1983]**

En la adquisición de conocimiento el ingeniero de conocimiento procede a través de una serie de pasos para producir un SE. La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto humano del área, se destacan 6 etapas o fases fundamentales.

### **2.3.6.1 IDENTIFICACIÓN**

La Identificación es familiarizarse con el problema y el dominio. Abarca desde la lectura de libros o artículos, las entrevistas o charlas con las personas familiarizadas con el tema y la búsqueda de un experto que esté dispuesto a colaborar en la construcción del sistema; como también la definición de cuáles son las funciones o tareas más idóneas para ser realizadas por el sistema experto.

Estas tareas son importantes para determinar que lenguaje y que sistema se usara. El ingeniero de conocimiento debe sentirse razonablemente cómodo respecto del dominio del problema, como para conversar inteligentemente con el experto, en resumen:

- ✓ Se identifican los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento
- ✓ Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos
- ✓ Se identifican los objetivos o metas.

### **2.3.6.2 CONCEPTUALIZACIÓN**

La conceptualización es delimitar el sistema, significa que por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente. El experto de campo y el ingeniero de conocimiento define el alcance del sistema experto, es decir, que problemas va a resolver concretamente el sistema experto.

Se analizaran los conceptos infundidos por el experto de campo, los mismos serán tomados en cuenta con sumo interés, pues el experto humano es quien conoce en detalle los fundamentos articulares del tema a investigar

### **2.3.6.3 FORMALIZACIÓN**

La formalización es obtener la estructura de inferencia del sistema experto. Con el problema adecuadamente definido el ingeniero de conocimiento empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requiere para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema. Esto es importante para la tarea de definición del sistema experto y para mantener una adecuada documentación del mismo, ya que es útil para la tarea de diseño, construcción y para posteriores modificaciones del sistema.

El ingeniero de conocimiento debe prestar atención al experto de campo para encontrar la estructura básica que el experto utiliza para resolver el problema. Está formada por una serie de mecanismos organizativos que el experto de campo usa para manejarse en ese dominio. Esta estructura básica de organización del conocimiento le permite al experto realizar ciertos tipos de inferencias.

El ingeniero de conocimiento además debe reconocer las estrategias básicas que usa el experto cuando desarrolla su tarea, que hechos establece primero, que tipos de preguntas realiza primero, si define supuestos inicialmente sin bases con información tentativa, como determina el experto que pregunta debe usar para refinar sus suposiciones y en qué orden el experto prosigue con cada subtarea y si ese orden varía según el caso.

En resumen en la etapa de formalización se identifican los conceptos relevantes e importantes además el resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos subproblemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento.

#### **2.3.6.4 IMPLEMENTACIÓN**

La implementación es definir el prototipo del sistema Experto. El ingeniero de conocimiento debe formalizar el conocimiento obtenido del experto. Esta tarea implica definir que arquitectura permitirá una mejora organización del conocimiento. Es necesario elegir la organización, lenguaje y medio ambiente de programación adecuados para la aplicación particular.

Se definen los conceptos primitivos, con la forma de representación elegida. Este es el primer paso hacia la implementación del prototipo. El ingeniero de conocimiento a medida que se desarrolla el prototipo deberá realizar y procurar lo siguiente:

- 1) Que es el formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.
- 2) Que las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto.

- 3) Que la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto.
- 4) Que las reglas reflejen asociaciones y métodos que: son los usados por el experto u son modelos aceptables de dichos métodos.

El ingeniero de conocimiento puede presentar las reglas definidas y en ocasiones los resultados obtenidos al usar las reglas, para que el experto manifieste su opinión sobre la representación y soluciones.

#### **2.3.6.5 TESTEO**

El testeo es optimizar el prototipo del sistema experto. Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose que el sistema experto posea eficiencia.

#### **2.3.6.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO**

Se refina el sistema prototipo, depurado la base de conocimientos, refinando reglas, rediseñando la estructura del conocimiento, o reformulando conceptos básicos, con el objetivo de capturar información adicional que haya proporcionado el experto. También se consultan en esta etapa otros expertos para corroborar, controlar, ampliar y refinar el prototipo.

En la planeación debe considerarse las siguientes interrogaciones:

- ¿Es necesario y realizable un sistema experto?
- ¿Quiénes son los encargados a realizarlo?
- ¿Qué expertos humanos participaran en el proceso de adquisición de conocimiento?
- ¿Qué presupuesto estimado se necesita?
- ¿Qué tiempo y medios se necesitan?

Una vez realizadas estas preguntas, se debe buscar a un experto con los que se trabajara y los requerimientos específicos de los usuarios finales. Con la ayuda de estos se debe definir la forma en la que será construido el sistema y la forma en la que se realiza la

tarea mediante conceptos sobre la problemática específica (diseños conceptuales). En cuanto a la adquisición del conocimiento se refiere a como se obtendrá el conocimiento del experto humano, la representación del conocimiento se refiere a la formalización como tal de conocimiento adquirido, representando simbólicamente sus características y propiedades, por último la programación simbólica se refiere a la implementación del sistema experto, en este caso la implementación del prototipo del SE, se debe elegir la herramienta con la que se realizara la máquina de inferencia y un lenguaje de programación para el interfaz de usuario.[Soliz, 2008]

## 2.4 LÓGICA DIFUSA

La Lógica Difusa fue concebido por Lofti A. Zaded, profesor de la Universidad de California en Berkeley, quien inconforme con los conjuntos clásicos que solo permiten dos opciones, la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto, la presento como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos que en contraposición a los clásicos los denomino Conjuntos Difusos (Fuzzy sets).

El concepto de conjunto difuso fue expuesto por Zadeh el año 1965 y dice “La lógica difusa trata de copiar la forma en que los humanos toman decisiones” no siendo decisiones que solamente expresan verdad o falsedad en la respuesta.

La lógica difusa es una metodología que proporciona una manera simple y elegante de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta. En general la lógica difusa imita como una persona toma decisiones basadas en información con las características mencionadas. Una de las ventajas de la lógica difusa es la posibilidad de implementar sistemas basados en ella tanto en hardware como en software o en combinación de ambos.

La lógica difusa en una técnica de la inteligencia computacional que permite trabajar con información con alto grado de imprecisión, en esto se diferencia de la lógica convencional que trabaja con información bien definida y precisa. Es una lógica multivaluada que permite valores intermedios para poder definir evaluaciones entre sí/no, verdadero/falso, negro/blanco, caliente/frío, etc.

## 2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS

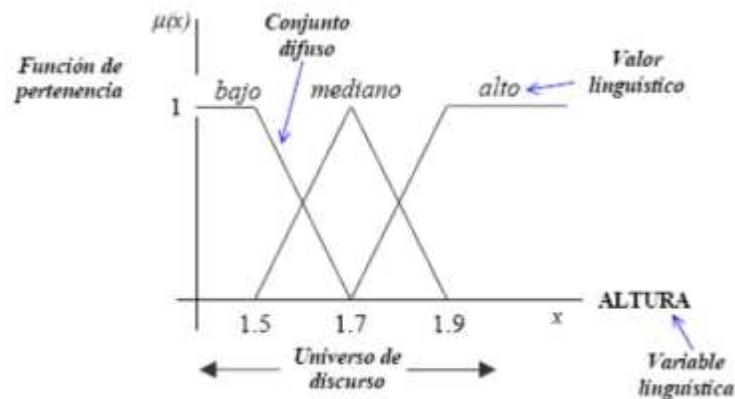
Los conjuntos difusos pueden ser considerados como una generalización de los conjuntos clásicos, la teoría clásica de conjuntos solo contempla la pertenencia o no pertenencia de un elemento a un conjunto, sin embargo la teoría de conjuntos difusos contempla la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto, es decir cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier calor entre 0 y 1.

Este grado de pertenencia se define mediante la función característica asociada al conjunto difuso, que es cada valor que pueda tomar un elemento o variable  $x$ , es decir, la función característica o de pertenencia denotada por  $\mu_A(x)$  proporciona el grado de pertenencia de este valor de  $x$  al conjunto difuso  $A$ .

Formalmente un conjunto difuso en el universo de discurso (son todos los valores que pueden ser tomados por un atributo)  $U$  se caracteriza por una función de pertenencia o característica  $\mu_A(x)$  que toma valores en el intervalo  $[0,1]$ , y puede representarse con un conjunto de pares ordenados de un elemento  $x$  y su valor de pertenencia al conjunto:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}$$

Donde  $\mu_A(x)$  es la función de pertenencia de la variable  $x$ , y  $U$  es el universo en discurso. Cuando más cerca este la pertenencia del conjunto  $A$  al valor de 1, mayor será la pertenencia de la variable  $x$  al conjunto  $A$ , esto se puede ver en la figura.



**Figura 2.5: Ejemplo de Conjunto Difuso**

### 2.4.2 FUNCIONES DE PERTENENCIA

Aun cuando cualquier función puede ser válida para definir un conjunto difuso, existen ciertas funciones que son más comúnmente utilizadas por su simplicidad matemática, entre estas se encuentran las funciones de tipo triangular, mostrando en la figura 2.6, trapezoidal mostrando en la figura 2.7, gaussiana, etc.

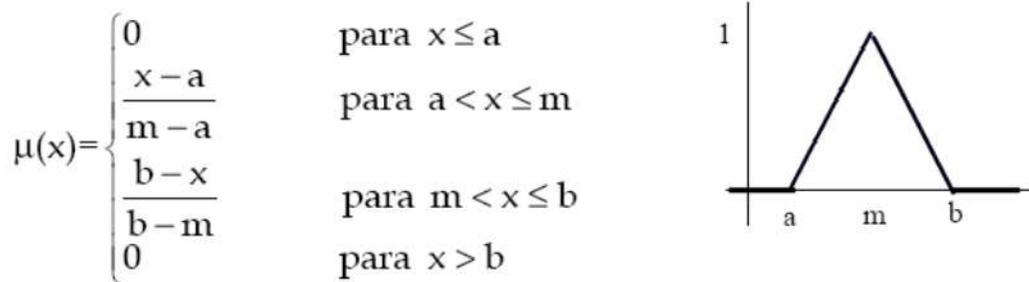


Figura 2.6: Función de transferencia para un conjunto difuso triangular

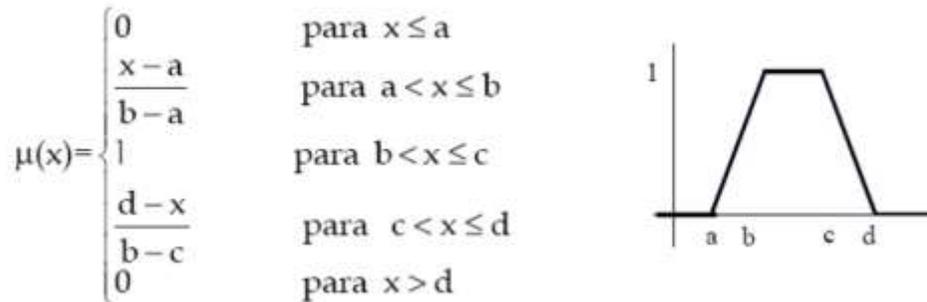


Figura 2.7: Función de transferencia para un conjunto difuso trapezoidal

### 2.4.3 INFERENCIA DIFUSA

Se llama reglas difusas al conjunto de proposiciones IF – THEN que modelan el problema que se quiere resolver. Una regla difusa simple tiene la forma:

“Si u es A entonces v es B”

Donde A y B son conjuntos difusos definidos en los rangos de u y v respectivamente. Una regla expresa un tipo de relación entre los conjuntos A y B cuya función característica sería  $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$  y representa lo que conocemos como implicación lógica. La elección apropiada de esta función característica está sujeta a las reglas de la lógica proposicional.

### 2.4.4 REGLAS DIFUSAS

Una regla difusa base es un conjunto de reglas Si – ENTONCES que pueden ser expresadas de la siguiente forma:

*Regla<sup>m</sup>: Si  $u_i$  es  $A_i^m$  y  $u_z$  es  $A_z^m$  y  $u_p$  es  $A_p^m$*

Entonces v es  $B^m$

Con  $m = 1, 2, 3, \dots, M$

Donde  $A_i^m$  y  $B^m$  son conjuntos difusos,  $u_i \in U$  y  $v \in V$ .

Existen dos caminos para obtener el conjunto de reglas correspondiente a un conjunto de datos numéricos: dejar que los datos establezcan los conjuntos difusos que aparecen en los antecedentes para luego asociar los datos a esos conjuntos.

Para llegar a obtener el conjunto completo de reglas que modelan un problema se puede partir de considerar todas las combinaciones de reglas Pt, que es posible establecer teóricamente, entre el número de antecedentes p y el número de conjuntos difusos de entrada Ap considerados para cada antecedente. Así, para cada consecuente, el número teórico de reglas posibles será:

$$Pt = \prod_n A_n \text{ para } n = 1 \dots p;$$

Sin embargo entre estas Pt reglas teóricamente posibles para cada consecuente, habrá algunas que no tengan sentido físico y otras que no se ajusten a las características del problema a resolver. Se deberá pues seleccionar, entre todas las reglas posibles, el conjunto de reglas más adecuadas al problema que se considera.

#### 2.4.5 IMPLICACIÓN DIFUSA

Al igual que para describir las nociones básicas de la teoría de conjuntos difusos podemos establecer un paralelismo con las de la teoría clásica de conjuntos, también los fundamentos de la teoría de la lógica difusa parten y toman los conceptos fundamentales de la lógica clásica. En términos de la teoría de lógica difusa la proposición “si u es A entonces v es B” donde  $u \in U$  y  $v \in V$ , tiene asociada una función característica  $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$  que toma valores en el intervalo  $[0,1]$ . Es decir, cada una de las reglas o proposiciones if – then es a su vez un conjunto difuso con su función característica que mide el grado de verdad de la relación de implicación entre x e y.

En la lógica difusa el Modus Ponens se extiende a lo que se llama Modus Ponens Generalizado y que puede resumirse de la siguiente forma:

Premisa 1: “u es A”

Premisa 2: “Si u es A entonces v es B”

Consecuencia: “v es B”

En donde el conjunto difuso A no tiene por qué ser necesariamente el mismo que el **conjunto difuso. A del antecedente de la regla y el conjunto difuso B tampoco tiene por qué ser necesariamente que el conjunto difuso B que aparece en el consecuente de la regla.**

#### 2.5 FIEBRE REUMÁTICA

La Fiebre Reumática es una enfermedad desencadenada por la infección por un germen llamado Estreptococo. La enfermedad, que puede dañar permanentemente el

corazón, se manifiesta con una artritis transitoria, una carditis (afectación cardiaca), erupciones o nódulos cutáneos, así como una alteración de los movimientos denominado corea. Dado que puede producir síntomas en las articulaciones se incluye dentro de las enfermedades reumáticas pediátricas.

La Fiebre Reumática suele afectar a niños con edades comprendidas entre los 5 y los 15 años, con un número máximo de casos en torno a los 8 años de edad. Es muy infrecuente en menores de 3 años y, de hecho, más del 80% de los pacientes tienen entre 5 y 15 años.

Cuando no existían antibióticos era una enfermedad muy frecuente. La utilización generalizada de la penicilina para el tratamiento de las faringitis y la prevención de nuevos episodios en pacientes que ya habían sufrido la enfermedad, sin embargo, disminuyó espectacularmente el número de casos. A pesar de ello, la Fiebre Reumática sigue siendo la primera causa de cardiopatía adquirida en jóvenes en países en vías de desarrollo. Durante los años 80 se observó un resurgimiento de la Fiebre Reumática en comunidades consideradas de bajo riesgo para tener la enfermedad.

La enfermedad se produce en individuos genéticamente predispuestos como consecuencia de una respuesta anormal del sistema de defensa del organismo (sistema inmune) a infecciones de garganta producidas por *Streptococo*. En estos sujetos la respuesta inmune no sólo combate la infección sino que también ataca al propio organismo. Por ello, entre la infección y el comienzo de los síntomas transcurre un intervalo de tiempo variable.

La relación de la enfermedad con una infección previa es la base de su tratamiento y prevención. La faringitis estreptocócica es frecuente en la población general, aunque sólo una pequeña minoría de sujetos desarrolla la enfermedad. El riesgo aumenta en pacientes con un antecedente previo de Fiebre Reumática, sobre todo en los 3 meses siguientes al diagnóstico.

La Fiebre Reumática no es una enfermedad hereditaria ya que no se transmite directamente de padres a hijos. Sin embargo, sí existen factores genéticos que aumentan la susceptibilidad a padecer la enfermedad.

Tanto el medio en el que se habita como el tipo de estreptococo son factores importantes para el desarrollo de la enfermedad, aunque es imposible predecir quién tendrá Fiebre Reumática. El hacinamiento es un factor medioambiental muy importante, ya que favorece la transmisión del germen. Asimismo, las probabilidades de tener la enfermedad son mayores si determinados subtipos de estreptococo infectan a una persona susceptible.

Sin embargo estos factores no bastan, ya que la enfermedad es desencadenada por una reacción inmune anormal del propio individuo cuya respuesta a la infección termina atacando tejidos humanos.

La prevención de la Fiebre Reumática se basa en la identificación precoz de la infección y en su adecuado tratamiento antibiótico. Se está investigando la utilidad de una vacuna contra el estreptococo que, de ser eficaz, podría representar la mejor forma de prevenir la Fiebre Reumática.

La Fiebre Reumática no es contagiosa, lo que sí es contagioso es la faringitis estreptocócica que la desencadena. Los estreptococos se transmiten de una persona a otra, por lo que estas infecciones son más frecuentes en determinados colectivos (hacinamiento en la vivienda, internados o cuarteles militares, etc.)

### **2.5.1 SÍNTOMAS**

Los síntomas de la fiebre reumática generalmente aparecen entre una y cinco semanas después de que su hijo se ha infectado con estreptococos. A continuación se enumeran los síntomas más comunes de la fiebre reumática. Sin embargo, cada niño puede experimentarlos de una forma diferente. Los síntomas pueden incluir:

- ✓ Inflamación de las articulaciones - que incluye hinchazón, dolor a la palpación y enrojecimiento en múltiples articulaciones. Las articulaciones afectadas suelen ser las articulaciones mayores de las rodillas o tobillos. La inflamación "se mueve" de una articulación a otra durante varios días.
- ✓ Pequeños nódulos o protuberancias redondeadas y duras debajo de la piel.

- ✓ Un cambio en los movimientos neuromusculares de su hijo (esto generalmente se detecta al observar cambios en la escritura manuscrita de su hijo y también puede incluir movimientos bruscos).
- ✓ Erupción - una erupción rosa con bordes extraños que normalmente se presenta en el tronco del cuerpo o en brazos y piernas.
- ✓ Corea de Sydenham (inestabilidad emocional, debilidad muscular y movimientos convulsivos espasmódicos descoordinados y rápidos que afectan principalmente la cara, los pies y las manos)
- ✓ Problemas del corazón que pueden ser asintomático o pueden ocasionar dificultad respiratoria y dolor de pecho
- ✓ Fiebre
- ✓ Pérdida de peso
- ✓ Fatiga

### **2.5.2 DIAGNÓSTICO**

Debido a que esta enfermedad tiene diferentes formas, no existe un examen específico para diagnosticarla de manera contundente. El médico puede llevar a cabo un examen cuidadoso que abarca sonidos cardíacos, piel y articulaciones. Él médico también puede efectuar un electrocardiograma mientras realiza la evaluación cardíaca.

Se pueden tomar muestras de sangre para verificar la presencia de infecciones recurrentes por estreptococos (como un examen de antiestreptolisina O), conteos sanguíneos completos y tasa de sedimentación (ESR, por sus siglas en inglés).

Con el fin de estandarizar el diagnóstico de la fiebre reumática en 1944, el Dr. T. Duckett Jones, desarrolló una lista de criterios donde debe encajar los signos y síntomas de cada paciente y poder encontrar evidencias de una infección reciente por estreptococos. Basado en ello, la presentación en la clínica de un criterio o signo mayor con dos menores al mismo tiempo o bien de dos signos mayores por sí mismos, puede establecer, con gran probabilidad, el diagnóstico definitivo de la fiebre reumática, además de la evidencia

objetiva de una previa infección post-estreptocócica. Periódicamente se han revisado estos criterios por la Asociación Americana del Corazón, en colaboración con otros grupos.

### **Criterios mayores**

1. **Carditis:** inflamación del músculo cardíaco, el cual puede manifestarse como insuficiencia cardíaca con dificultad respiratoria, pericarditis acompañado con estertor crepitante o un soplo cardíaco.
2. **Poliartritis migratoria:** una migración temporal inflamatoria de grandes articulaciones, comenzando usualmente en las piernas y migrando hacia arriba.
3. **Corea de Sydenham (baile de San Vito):** una serie de movimientos rápidos característicos y sin propósito de la cara y brazos, por lo general tardía en la enfermedad.
4. **Nódulos subcutáneos (un tipo de nódulo de Aschoff):** colección de colágeno, firme e indolora, en el dorso de la muñeca, la parte de afuera del codo y el frente de las rodillas. Estos ahora ocurren muy infrecuentemente.
5. **Eritema marginado:** un sarpullido o erupción en la piel, duraderos que comienza en el tronco o brazos en la forma de una mácula y que se extiende hacia afuera formando un anillo enrojecido con un centro descolorado. Este es una reacción que nunca empieza en la cara y empeora con el calor.

### **Criterios menores**

1. Fiebre
2. Artralgias: dolor de articulación sin inflamación.
3. Presencia de antecedentes faringo-amigdalares por estreptococo grupo A, sea por un cultivo positivo o una elevación serológica de antiestreptolisina O.
4. Irregularidades de laboratorio, como VSG acelerada, incremento en la proteína C reactiva o leucocitosis.
5. Anormalidades en el electrocardiograma, como un alargamiento del intervalo PR.
6. Fiebre reumática previa o cardiopatía reumática inactiva (CRI)

## Otros signos y síntomas

- Dolor abdominal
- Epistaxis o hemorragias nasales
- Lesiones cardíacas durante un ataque agudo:

- Miocarditis (por cuerpos de Aschoff), endocarditis (lesiones valvulares) y/o pericarditis fibrosa

Para dar el diagnóstico se requiere 1 de las dos condiciones:

- **2 Criterios Mayores en el Paciente**
- **1 Criterio Mayor y 2 Criterios menores**

## 2.5.3 TRATAMIENTO

El tratamiento de la fiebre reumática depende de su gravedad. Cuanto más tarde se diagnostique y se inicie el tratamiento, más será el daño que ocasione. El tratamiento puede variar entre terapias sencillas como la dieta y el reposo, a terapias más agresivas entre las que se incluyen medicamentos. El tratamiento específico para la fiebre reumática será determinado por su médico basándose en lo siguiente:

- ✓ El estado general de salud de su hijo y sus antecedentes médicos
- ✓ La gravedad de la reacción
- ✓ La tolerancia de su hijo a determinados medicamentos, procedimientos o terapias
- ✓ Las expectativas para la evolución de la reacción su opinión o preferencia

El tratamiento de la fiebre reumática, en la mayoría de los casos, es una combinación de los tres abordajes que se describen a continuación:

1. Tratamiento de la infección estreptocócica  
El objetivo inmediato consiste en el tratamiento de la infección con antibióticos. Este tratamiento se lleva a cabo aun cuando el cultivo de exudado faríngeo resulta negativo. Luego del tratamiento inicial de la infección estreptocócica, su hijo puede seguir recibiendo dosis mensuales de antibióticos para prevenir nuevas complicaciones.
2. Medicamentos antiinflamatorios, Según la gravedad del estado de su hijo, el médico puede recetarle medicamentos que ayuden a reducir la hinchazón producida en el músculo cardíaco y aliviar el dolor en las articulaciones.
3. Reposo en cama, El médico de su hijo determinará la duración del reposo en cama, que dependerá de la gravedad de la enfermedad y del compromiso cardíaco y articular. Puede abarcar de dos a doce semanas.

En el primer episodio de la enfermedad se recomienda utilizar antibióticos para procurar erradicar el estreptococo que pueda quedar en las amígdalas y que puede seguir estimulando una respuesta anormal del sistema inmune. Una inyección de 1.200.000 unidades de penicilina benzatina erradica la bacteria y proporciona protección durante un periodo de 3 o 4 semanas.

En pacientes que ya han tenido Fiebre Reumática se recomienda la administración a largo plazo de penicilina benzatina cada 3-4 semanas para prevenir las recaídas.

Para el tratamiento de la artritis se recomienda la utilización de salicilatos o de otros antiinflamatorios no esteroideos durante un periodo de 6 a 8 semanas, o hasta que desaparezcan los síntomas. Para el tratamiento de la carditis se recurre al reposo en cama y a administrar esteroides (prednisona) vía oral a dosis altas durante un periodo de 2-3 semanas, disminuyendo posteriormente y de manera gradual la dosis.

El corea se puede tratar con haloperidol o con ácido valproico, dado que ayudan a controlar los movimientos. Cuando se utilizan hay que vigilar la aparición de efectos

secundarios, como somnolencia o temblor; éstos se controlan ajustando la dosis. A pesar de recibir el tratamiento adecuado los movimientos anormales pueden durar varios meses, por lo que puede ser preciso que los familiares ayuden al paciente en su higiene personal y actividades cotidianas, y que el niño reciba clases de apoyo para mantener un adecuado rendimiento académico.



# CAPÍTULO 3

## MARCO APLICATIVO

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Para diseñar y construir un sistema experto, es necesario seguir una metodología de construcción, en el presente trabajo se utiliza la metodología de Buchanan combinando sus distintas etapas con los elementos principales de un sistema experto con una arquitectura clásica, además se realiza la aplicación de conjuntos difusos para representar algunos conocimientos inciertos.

Siguiendo las etapas de la metodología Buchanan, en la etapa de identificación se realiza el reconocimiento del problema, los encargados y participantes que intervienen en el desarrollo del sistema experto, los medios que se usan y los requerimientos necesarios para su construcción. Así también se realiza la arquitectura propuesta del sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática, compuesto por los componentes fundamentales de una arquitectura.

Posteriormente en la etapa de Conceptualización se realiza la adquisición del conocimiento aplicando técnicas como las entrevistas y consultas a libros, revistas y

artículos referentes a la fiebre reumática, obteniendo las conclusiones y definiciones más relevantes brindados por el experto.

Luego en la etapa de formalización se realiza la descripción formal del conocimiento, es decir se realizan distintas actividades como el diseño de la base de conocimiento que está compuesto por una base de hechos y de reglas, para dicha construcción es necesario identificar las variables de entrada, aplicando la teoría de conjuntos difuso para una mejor interpretación en los síntomas que se identifican para diagnosticar la enfermedad, se definen los conjuntos difusos y las respectivas funciones de pertenencias para aquellas variables lingüísticas que tienen un comportamiento ambiguo o borroso. El diseño del motor de inferencia se realiza en base a las reglas planteadas.

En la etapa de implementación el sistema experto es construido con la ayuda de la herramienta de programación Visual Basic, programando la base de hechos y la base de reglas para que el motor de inferencia pueda inferir en base a estos y dar un diagnóstico final.

En la etapa de testeo, se hacen las respectivas pruebas al sistema experto con 12 casos analizados. Finalmente en la etapa de Revisión del prototipo se hace la mejora y el pulido del sistema experto, esta etapa se realiza durante las cinco etapas anteriores de la metodología.

## **3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO**

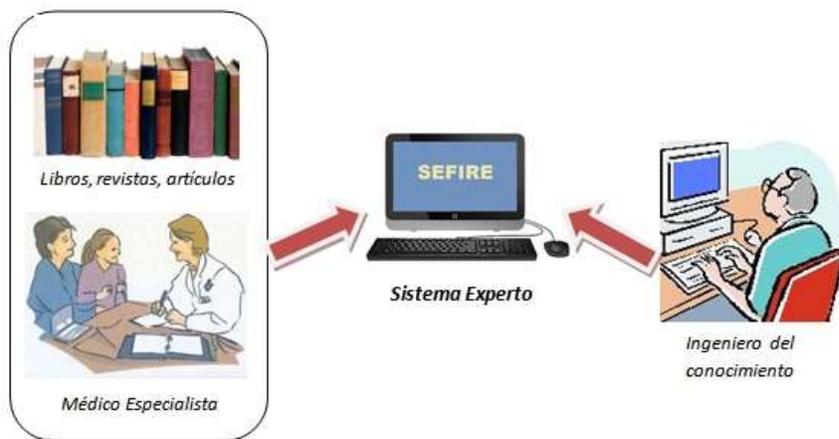
La metodología que se utiliza para el desarrollo del sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática es la Metodología Buchanan, que consiste en una serie de etapas o fases para su desarrollo y construcción.

### **3.2.1 IDENTIFICACIÓN**

En esta etapa se identifican los participantes y roles; los recursos, fuentes de conocimiento; se establecen la facilidad computacional y presupuesto; y se identifican los objetivos o metas.

Como el sistema está enfocado al diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática es necesario buscar al experto humano, en este caso un especialista Pediatra o Medico General y otras fuentes de información como experiencia propia, libros y artículos para familiarizarse con el tema. Con la ayuda del experto y las fuentes de información relacionados con el campo de la fiebre reumática, se definió la forma en la que se va a estructurar el sistema experto SEFIRE (Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de la Fiebre Reumática).

También se identificó a los participantes que intervienen, sus roles y las relaciones que existen entre ellos, en la Figura 3.1 se puede ver estos participantes.



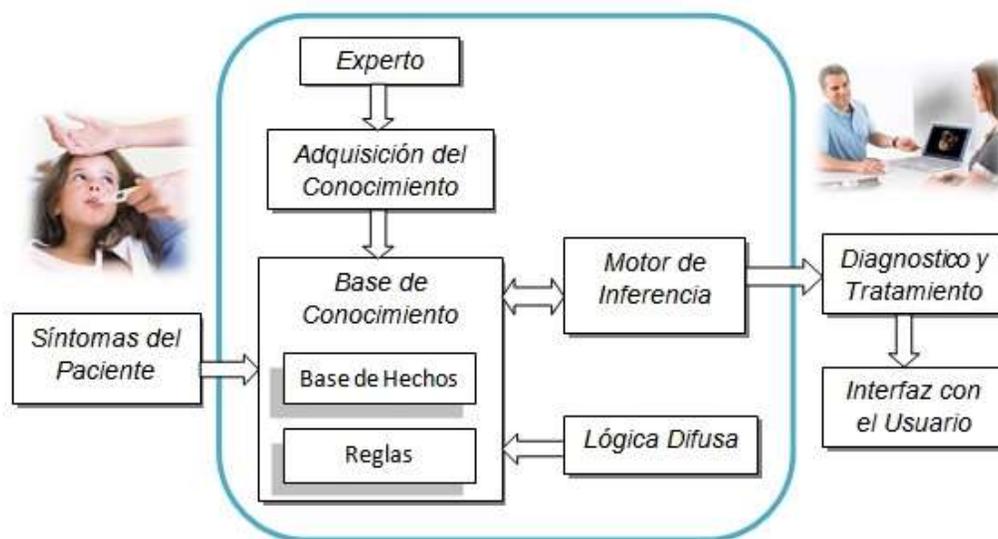
**Figura 3.1 Participantes que intervienen en el desarrollo del SEFIRE**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

Un componente importante para el desarrollo del sistema experto es el experto humano, que viene a ser el especialista en Pediatría, como también serán los libros y artículos referentes a la Fiebre Reumática. Otro participante no menos importante es el ingeniero del conocimiento quien se encarga de estructurar el conocimiento proporcionado por el experto humano.

La descripción del conocimiento del especialista y de los libros consultados se haya estructurada por un conjunto de signos y convenciones que permiten simbolizar los hechos que suceden en un proceso de diagnóstico, para la representación del conocimiento se utilizara la logica difusa, para interpretar algunos sintomas y reglas de inferencia, las ultimas son para inferir las enserciones, las incertidumbres son representadas a travez de la Logica Difusa.

La estructura propuesta para el sistema experto SEFIRE se muestra en la Figura 3.2



**Figura 3.2 Estructura del Sistema Experto SEFIRE**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

Los componentes del sistema experto propuesto que se puede apreciar en la figura 3.2, están definidos bajo los siguientes criterios: La Entrada son los síntomas que presenta un paciente con probabilidad de tener o no fiebre reumática, la base de conocimiento contiene el conocimiento del especialista Pediatra convenientemente formalizado y estructurado; la representación del conocimiento nos permite describir los hechos que ocurren y las reglas de inferencia utilizadas en el proceso de diagnóstico, además las incertidumbres son representadas a través de la lógica difusa, para la elaboración de los conjuntos difusos de las preguntas que tienen varias respuestas posibles. También se

presenta la lógica clásica que permite evaluar las preguntas hechas al paciente de casa síntoma, de las cuales la respuesta es sí o no y estas últimas no necesitan función de potencia ya que utiliza la lógica clásica que es igual a verdad o falsedad. Las salidas son el diagnóstico y tratamiento que resulta en función a los datos de entrada, la base de conocimiento y el motor de inferencia. Por último el interfaz de usuario es el mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto.

### **3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN**

De acuerdo a la metodología Buchanan, la siguiente fase es la adquisición del conocimiento, esta tarea es más complicada en el desarrollo de un sistema experto porque establece el conocimiento que maneja el experto, como se utiliza, donde los emplea y cuando los usa.

En esta fase se analizaron los conceptos brindados por el experto humano en el campo. Las conclusiones y definiciones más relevantes que se obtuvieron son:

Es una enfermedad inmune que afecta todo el organismo y que puede desarrollarse luego de una infección por una bacteria llamada estreptococo, como la amigdalitis estreptocócica y la escarlatina.

.La fiebre reumática puede dañar los tejidos del organismo causando hinchazón, pero el mayor peligro de la enfermedad es el daño que puede ocasionar al corazón. Más de la mitad de las veces, la fiebre reumática produce una cicatrización de las válvulas del corazón. Esta cicatrización puede estrechar la válvula y hacer que sea más difícil que ésta se abra bien o se cierre por completo. A su vez, el corazón tiene que esforzarse más por bombear sangre al resto del organismo. Este daño valvular puede dar lugar a una enfermedad denominada "cardiopatía reumática" la cual, con el tiempo, puede ocasionar una insuficiencia cardíaca congestiva.

Debido a que esta enfermedad tiene diferentes formas, no existe un examen específico para diagnosticarla de manera contundente. El médico puede llevar a cabo un examen cuidadoso que abarca sonidos cardíacos, piel y articulaciones. El médico también puede efectuar un electrocardiograma mientras realiza la evaluación cardíaca.

Se pueden tomar muestras de sangre para verificar la presencia de infecciones recurrentes por estreptococos (como un examen de antiestreptolisina O), conteos sanguíneos completos y tasa de sedimentación (ESR, por sus siglas en inglés).

Para ayudar estandarizar el diagnóstico de la fiebre reumática, se han desarrollado algunos criterios mayores y menores. El hecho de encajar dentro de dichos criterios, al igual que tener evidencia de una infección reciente por estreptococos pueden ayudar a confirmar un diagnóstico de fiebre reumática.

Algunos de los criterios mayores para el diagnóstico son los siguientes:

- ✓ Inflamación del corazón (carditis)
- ✓ Artritis en algunas articulaciones (poliartritis)
- ✓ Nódulos debajo la piel (nódulos subcutáneos)
- ✓ Movimientos rápidos y espasmódicos (corea, corea de Sydenham)
- ✓ Erupción cutánea (eritema marginado)

Entre los criterios menores están: fiebre, artralgia, tasa elevada de sedimentación de eritrocitos y otros hallazgos de laboratorio.

Otros exámenes para confirmar el diagnóstico, son los siguientes:

*Velocidad de Sedimentación Eritrocitos.*- Es una prueba que mide la rapidez con la que los glóbulos rojos descienden en un tubo de sangre, es un indicador de inflamación.

*Proteína C Reactiva (PCR).*- Consiste en la detección de una proteína que se encuentra en la sangre, la cual se eleva cuando hay inflamación importante.

El diagnóstico de fiebre reumática se da si la persona satisface dos criterios mayores, o uno mayor y dos menores, al igual que si muestra signos de que ha tenido una infección previa por estreptococos.

### 3.2.3 FORMALIZACIÓN

Realizada la conceptualización del conocimiento, se procede a expresar dicho conocimiento de una manera formal. Esta etapa tiene como objetivo expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que puedan ser utilizadas por una computadora.

Una de las técnicas de formalización son los sistemas de producción, que es la técnica de representación más utilizada para expresar formalmente los conocimientos de un dominio. La arquitectura de un sistema de producción está formada por tres elementos: Base de Hechos, Base de Reglas o producciones los cuales forman la base de conocimiento, y una estrategia de control.

#### 3.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO

La base de conocimiento, contiene todos los hechos, las reglas del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema, en esta parte tendremos de manera informal los relatos de síntomas como también antecedentes hereditarios como pruebas de laboratorio de una persona con fiebre reumática.

#### 3.2.3.2 VARIABLES DE LA BASE DE CONOCIMIENTO

NRO	Variable Lingüística	Descripción	Valor Lingüístico
1	FIEBRE Reumática	Detección y Diagnóstico para el tratamiento de la Fiebre Reumática	Presenta síntomas, antecedentes hereditarios, pruebas de laboratorio
2	ED	Edad	> a 5 años y < 15 años
3	IGFA	infección de garganta como Faringitis, Amigdalitis	Si, No
4	GENETICO	Las personas con antecedentes familiares de FR tienen más posibilidad de desarrollar la enfermedad pero no significa que	Si, No

		necesariamente vaya a padecerla.	
5	IA	Inflamación de Articulaciones	Si, No
6	DR	Dificultad Respiratoria	Nada (0 - 3) Poco (2 - 6) Mucho (5 - 10)
7	NFI	Nódulos o protuberancias firmes e indoloras	Si, No
8	SEP	Sarpullido o erupción en la piel	Nada (0 - 3) Poco (2 - 6) Mucho (5 - 10)
9	MRE	Movimientos rápidos y espasmódicos	Si, No
10	MOLESTIA	Presenta molestias más de 5 semanas	Si, No
11	FIEBRE	Fiebre	Si, No
12	DASI	Dolor de articulaciones sin inflamación	Nada (0 - 3) Poco (2 - 6) Mucho (5 - 10)
13	DA	Dolor Abdominal	Nada (0 - 3) Poco (2 - 6) Mucho (5 - 10)
14	HNAS	Hemorragia Nasal	Si, No
15	PPESO	Pérdida de peso	Nada (0 - 3) Poco (2 - 6) Mucho (5 - 10)
16	FATIGA	Fatiga	Si, No
17	ESCA	Escarlatina	Si, No
18	VSG	Velocidad de Sedimentación Globular (VSG), prueba que mide la rapidez con que los glóbulos rojos descienden	Si, No

		en un tubo de sangre durante una hora, es un indicador de inflamación.	
19	PCR	Proteína C Reactiva (PCR), detección de una proteína que se encuentra en la sangre, la cual se eleva cuando hay inflamación importante. Es un indicador de actividad inflamatoria que refleja la fase aguda de la inflamación.	Si, No

**Tabla 3.1 Descripción de variables**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

### 3.2.3.3 DEFINICIÓN DE CONJUNTOS DIFUSOS DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Dentro de las variables de entrada y salida existen variables que se consideran como imprecisos, es decir necesitan un tratamiento especial con lógica difusa. En esto se encuentran los criterios de clasificación.

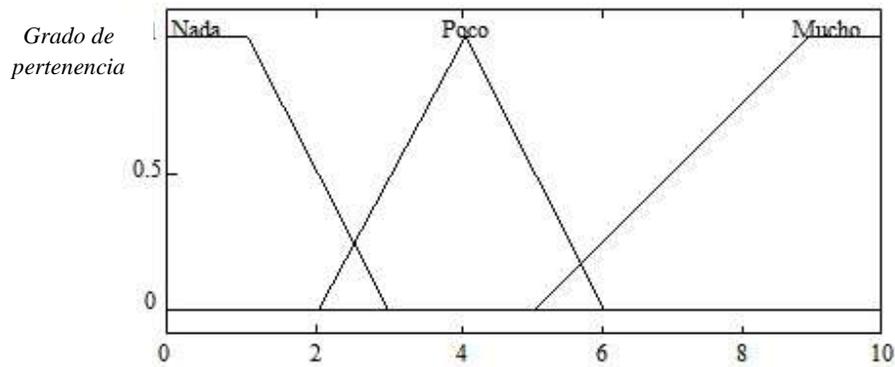
Cada variable representa un conjunto difuso con una escala de 0-10, y cada conjunto tiene a su vez tres subconjuntos difusos que son:

- ✓ Nada con un rango de 0-3
- ✓ Poco con un rango de 2-6
- ✓ Mucho con un rango de 5-10

Por lo tanto a continuación se definen los conjuntos difusos y funciones de pertenencia para cada una de las variables lingüísticas difusa.

**a) Dificultad Respiratoria.-** que sea constante las dificultad de respirar

Los conjuntos difusos y función de pertenencia se pueden ver en la Figura 3.3 y Tabla 3.2 respectivamente



**Figura 3.3** Conjunto difuso de la dificultad respiratoria

Fuente: [Elaboración propia]

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & Si x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & Si 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & Si x > 3 \end{cases}$
$Poco(x) = \begin{cases} 0 & Si x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & Si 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & Si 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & Si x > 6 \end{cases}$
$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & Si x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & Si 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & Si x < 8 \end{cases}$

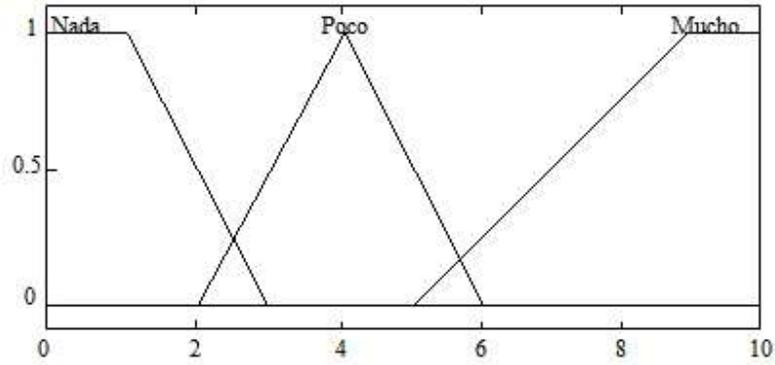
**Tabla 3.2** Función de pertenencia de la variable dificultad respiratoria

Fuente: [Elaboración propia]

**b) Sarpullido o erupción en la piel.-** Sarpullidos o erupciones que salen en la piel que comienza en el tronco o brazos

Los conjuntos difusos y función de pertenencia se pueden ver en la Figura 3.4 y Tabla 3.3 respectivamente

Grado de pertenencia



**Figura 3.4** Conjunto difuso de Sarpullido o erupción en la piel

Fuente: [Elaboración propia]

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$
$Poco(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$
$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$

**Tabla 3.3** Función de pertenencia de Sarpullido o erupción en la piel

Fuente: [Elaboración propia]

- c) **Dolor de articulaciones sin inflamación.-** Dolor constante en las articulaciones (tobillo, codo, rodillas) sin hinchazón

Los conjuntos difusos y función de pertenencia se pueden ver en la Figura 3.5 y Tabla 3.4 respectivamente.

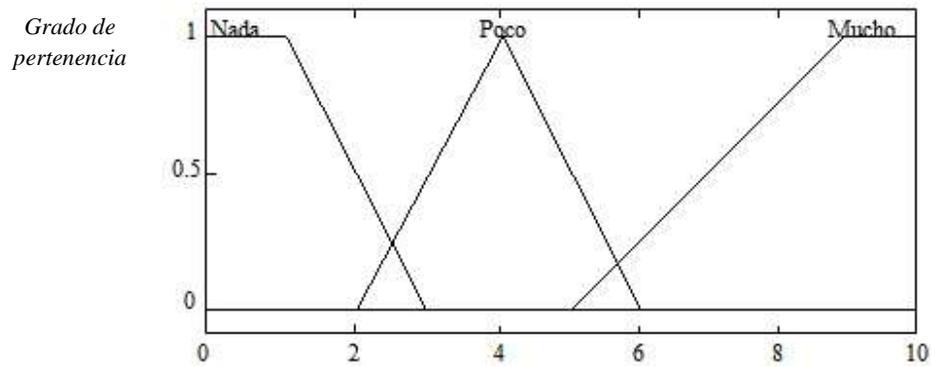


Figura 3.5 Conjunto difuso de articulaciones sin inflamación

Fuente: [Elaboración propia]

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$
$Poco(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$
$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$

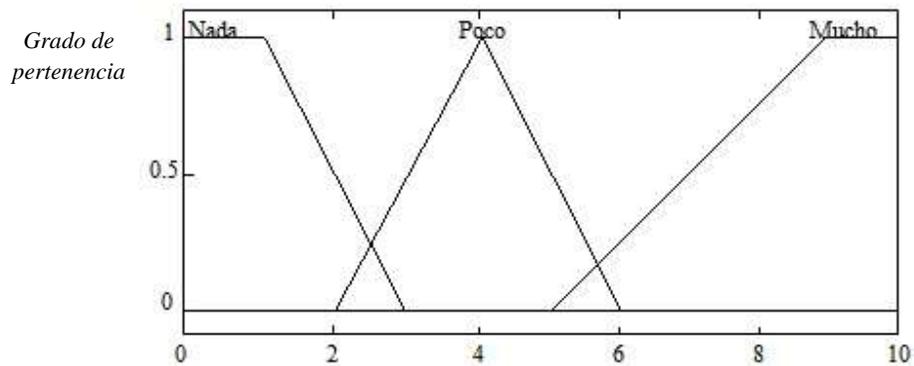
Tabla 3.4 Función de pertenencia de la variable articulaciones sin inflamación

Fuente: [Elaboración propia]

d) **Dolor Abdominal.-** constantes dolores abdominales

Los conjuntos difusos y función de pertenencia se pueden ver en la Figura 3.6 y Tabla 3.5 respectivamente

Grado de pertenencia



**Figura 3.6** Conjunto difuso del dolor abdominal

Fuente: [Elaboración propia]

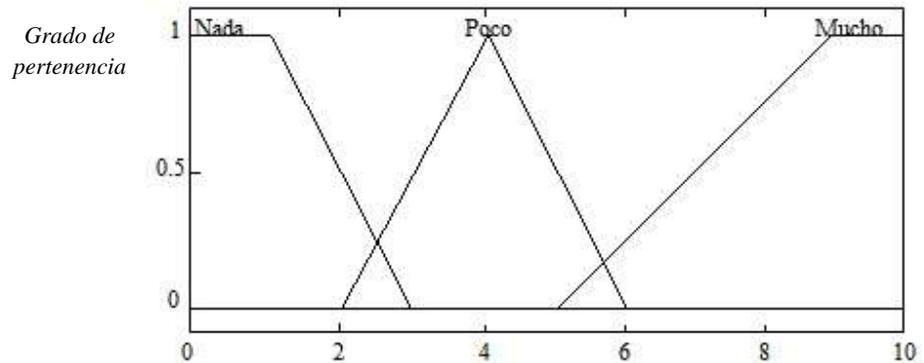
$Nada(x) = \begin{cases} 1 & Si x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & Si 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & Si x > 3 \end{cases}$
$Poco(x) = \begin{cases} 0 & Si x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & Si 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & Si 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & Si x > 6 \end{cases}$
$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & Si x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & Si 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & Si x < 8 \end{cases}$

**Tabla 3.5** Función de pertenencia de la variable dolor abdominal

Fuente: [Elaboración propia]

e) **Pérdida de peso.-** Falta de apetito, pérdida de peso

Los conjuntos difusos y función de pertenencia se pueden ver en la Figura 3.7 y Tabla 3.6 respectivamente



**Figura 3.7** Conjunto difuso de la pérdida de peso

**Fuente:** Elaboración propia

$Nada(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$
$Poco(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$
$Mucho(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$

**Tabla 3.6** Función de pertenencia de la variable pérdida de peso

**Fuente:** [Elaboración propia]

### 3.2.3.4 BASE DE HECHOS

En la base de hechos se almacenan los propios datos correspondientes a los problemas que se desea tratar con la ayuda del sistema experto. En principio se dispone únicamente de los datos que introduce el usuario. De acuerdo al análisis de algunos casos clínicos particulares se puede identificar los siguientes hechos:

Hecho 1: El paciente presenta inflamación en las articulaciones

Hecho 2: El paciente presenta dificultad al respirar frecuentemente

Hecho 3: El paciente presenta protuberancias firmes e indoloras

Hecho 4: El paciente presenta Sarpullido en la piel

Hecho 5: El paciente realiza movimientos rápidos y espontáneos

Hecho 6: El paciente presenta faringitis

Hecho 7: El paciente presenta amigdalitis

Hecho 8: el paciente presenta factores genéticos de la fiebre reumática

Hecho 9: El paciente presenta Proteína C Reactiva (PCR)

Hecho 10: El paciente presenta Velocidad de Sedimentación Globular (VSG)

Hecho 11: El paciente presenta dolor en las articulaciones

Hecho 12: El paciente presenta fiebre alta

Hecho 13: El paciente presenta dolor abdominal

Hecho 14: El paciente presenta Hemorragia nasal

Hecho 15: El paciente presenta pérdida de peso

Hecho 16: El paciente presenta escarlatina

Hecho 17: el paciente presenta fatiga

Hecho 18: El paciente presenta dolores y molestias más de 6 semanas

### 3.2.3.5 BASE DE REGLAS

La base de reglas es la forma más extendida de representar el conocimiento, representan la forma de razonar. Tienen la forma:

**Si**<condición>**Entonces**<acción/conclusión>

Una de las formas de representar el conocimiento son las reglas de producción, por tanto se presentan algunas reglas formadas por distintas variaciones del árbol de decisiones que se puede ver en la sección de Anexos.

#### Desarrollo de Reglas.-

- R1. Si **FIEBRE REUMATICA**="Presenta síntomas" **AND ED** = ">5 AÑOS" **and ED**="<15 AÑOS"**AND MOLESTIA**="SI" **AND DASI**="Mucho" **AND IA** ="Si" **AND DR**="Mucho" **AND PCR**="Si" **ENTONCES** Diagnóstico "Presenta Fiebre Reumática y debe empezar un tratamiento de antiinflamatorio, antibióticos y reposo "".
- R2. Si **FIEBRE REUMATICA**="Presenta síntomas" **AND ED** = ">5 AÑOS" **and ED**="<15 AÑOS"**AND NFI**="Si" **AND SEP** ="SI" **AND MOLESTIA**="Si" **AND FIEBRE**="Poco" **AND PPESO**="Si" **AND DASI**="Mucho" **ENTONCES** Diagnóstico "Presenta Fiebre Reumática y debe empezar un tratamiento de antiinflamatorio, antibióticos y reposo "".
- R3. Si **FIEBRE REUMATICA**="Presenta síntomas" **AND ED** = ">5 AÑOS" **and ED**="<15 AÑOS"**AND IA**="Si" **AND SEP** ="Si" **AND MOLESTIA**="No" Diagnóstico "Presenta Fiebre Reumática y debe empezar un tratamiento de antiinflamatorio, antibióticos y reposo "".
- R4. Si **FIEBRE REUMATICA** ="Posibles Factores de riesgo" **AND ED** = ">5 AÑOS" **and ED**="<15 AÑOS"**AND IGFA** ="Si" **AND DR** ="Mucho" **AND DASI** ="Poco" **AND HNAS** ="Mucho" **AND FIEBRE**="Mucho" **ENTONCES**

Diagnóstico “Presenta Fiebre Reumática y debe empezar un tratamiento de antiinflamatorio, antibióticos y reposo “.

R5. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Posibles Factores de riesgo” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND GENETICO** =”Si” **AND DR** =”Mucho” **AND DASI** =”Poco” **AND HNAS** =”Mucho” **AND FIEBRE**=”Mucho” **ENTONCES** Diagnóstico “Presenta Fiebre Reumática y debe empezar un tratamiento de antiinflamatorio, antibióticos y reposo “.

R6. Si **FIEBRE REUMATICA** =”Prueba de Laboratorio” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND PCR**=”Si” **AND MOLESTIAS**=”Si” **AND DA** =”Mucho” **AND PPESO** =”Si” **AND FATIGA**=”Si”**ENTONCES** Diagnóstico “Presenta Fiebre Reumática y debe empezar un tratamiento de antiinflamatorio, antibióticos y reposo “.

R7. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Presenta síntomas” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND MOLESTIA**=”SI” **AND DASI**=”Poco” **AND IA** =”No” **AND DR** =”Poco” **AND PCR**=”No” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.

R8. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Presenta síntomas” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND NFI**=”No” **AND SEP** =”No” **AND MOLESTIA** =”Si” **AND FIEBRE**=”Poco” **AND PPESO**=”Si” **AND DASI**=”Poco” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.

R9. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Presenta síntomas” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND IA** =”No” **AND SEP** =”Si” **AND MOLESTIA** =”No” **AND DASI** = “Poco” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.

- R10. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Presenta síntomas” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND IGFA** =”No” **AND DR** =”Poco” **AND DASI** =”Poco” **AND HNAS** =”Nada” **AND FIEBRE**=”Mucho” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.
- R11. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Posibles Factores de riesgo” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND GENETICO** =”No” **AND DR** =”Poco” **AND DASI** =”Poco” **AND HNAS** =”Nada” **AND FIEBRE**=”Poco” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.
- R12. Si **FIEBRE REUMATICA** =”Prueba de Laboratorio” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND VSG** =”No” **AND MOLESTIAS**=”Si” **AND DA** =”Poco” **AND PPESO** =”Si” **AND FATIGA**=”Si” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.
- R13. Si **FIEBRE REUMATICA** =”Prueba de Laboratorio” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND PCR** =”No” **AND MOLESTIAS**=”Si” **AND DA** =”Mucho” **AND PPESO** =”Si” **AND FATIGA**=”Si” **ENTONCES** Diagnostico “No presenta Fiebre Reumática y debe guardar reposo y consulte con su médico de otras enfermedades reumáticas que pueda estar iniciando”.
- R14. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Posibles factores de riesgos” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND IGFA**=”Si” **AND MOLESTIAS**=”Si” **AND PPESO**=”Si” **AND HNAS**=”Poco.” **ENTONCES** “Podría presentar fiebre reumática es necesario realizar otras evaluaciones, debe guardar reposo y tomar antiinflamatorios”.
- R15. Si **FIEBRE REUMATICA**=”Posibles factores de riesgos” **AND ED** = “>5 AÑOS” **and ED**=”<15 AÑOS”**AND Genético**=”Si” **AND MOLESTIAS**=”No”

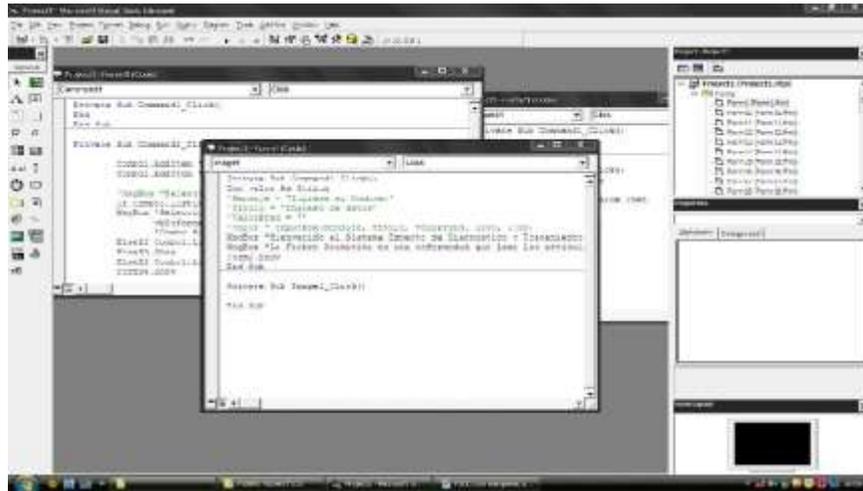
**AND IA =”si” ENTONCES** “Podría presentar fiebre reumática es necesario realizar otras evaluaciones, debe guardar reposo y tomar antiinflamatorios”.

R16. Si **FIEBRE REUMATICA=**”Presenta Síntomas” **AND ED = “>5 AÑOS” and ED=**”<15 AÑOS”**AND SEP =**”Si” **AND MOLESTIA=**”No” **AND DASI=**”No” **ENTONCES** “Podría presentar fiebre reumática es necesario realizar otras evaluaciones, debe guardar reposo y tomar antiinflamatorios”.

R17. Si **FIEBRE REUMATICA=**”Presenta Síntomas” **AND ED = “>5 AÑOS” and ED=**”<15 AÑOS”**AND MRE=**”SI” **AND NFI=**”No” **AND DR=**”Nada” **AND MOLESTIA =**” Si” **AND DASI =**”Nada” **ENTONCES** “Podría presentar fiebre reumática es necesario realizar otras evaluaciones, debe guardar reposo y tomar antiinflamatorios”.

### **3.2.4 IMPLEMENTACIÓN**

Para realizar la demostración del modelo del Sistema Experto” ”S.E.F.I.R.E.” se ha elaborado un prototipo, fue desarrollado en el programa Visual Basic 6.0, el cual nos ayudara en la elaboración del modelo planteado, este prototipo permitirá dar un diagnóstico de cada persona en base a la información proporcionada por las personas que lo utilicen, para que funcione adecuadamente se espera que las personas al ingresar las respuestas sea lo más sincera posible, porque caso contrario el prototipo puede dar un diagnóstico erróneo.



**Figura 3.9 Pantalla principal de Visual Basic 6.0**

**Fuente: [elaboración propia]**

### **3.2.5 TESTEO**

Una vez construido y programado el sistema experto se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento, se muestran capturas de las pantallas de ejecución del sistema experto SEFIRE, demostrando como se introducen los datos de entrada, la secuencia de preguntas para determinar el diagnóstico de la FR y por último se muestra el resultado del diagnóstico final de si un paciente presenta o no fiebre reumática.

Se usa un ejemplo para realizar la respectiva prueba del sistema experto de diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática.

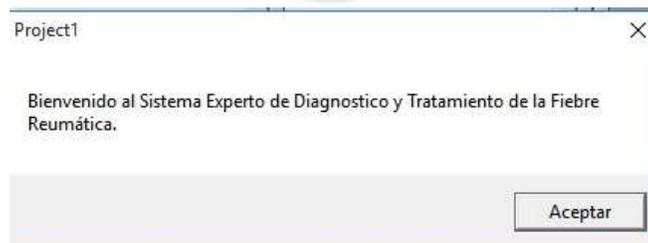


**Figura 3.10 Pantalla principal del prototipo**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

En las siguientes figuras el prototipo del sistema experto realiza determinadas preguntas al paciente para evaluar y determinar el tratamiento tentativo a seguir por el paciente que padece de fiebre reumática.

Se toma como demostración el relato siguiente que dice, Una niña de 12 años que presenta síntomas más de 5 semanas, se inicia entrando al Sistema Experto y te da la bienvenida.



**Figura 3.11 Mensaje de bienvenida al Sistema Experto SEFIRE**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente pantalla que aparece es la introducción, te da una pequeña introducción de lo que trata este Sistema Experto y un pequeño lema.



**Figura 3.12 Mensaje de Introducción a SEFIRE**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente pantalla da la pregunta si desea realizar la consulta.



**Figura 3.13 Pantalla de consulta**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

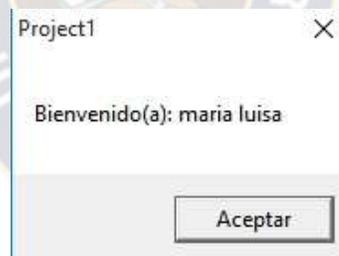
Inmediatamente después de aceptar la consulta aparece la ventana que introduce el nombre del niño(a) que posiblemente padezca de la enfermedad.



**Figura 3.14 Mensaje Ingrese su nombre**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

En la siguiente pantalla da la bienvenida al paciente.



**Figura 3.15 Pantalla de Bienvenida**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

Luego se realiza la consulta de la edad del niño(a) en este caso es de 12 a 15



**Figura 3.16 Pantalla que consulta su edad**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La proxima pregunta es que debe escoger el tipo de consulta que realizara y es que Presenta Sintomas.



**Figura 3.17 Pantalla de opción de consulta**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La consulta es Presenta Síntomas y la siguiente ventana que sale ya inicia con los síntomas como si su niño (a) tiene movimientos involuntarios. Ella dice NO



**Figura 3.18 Movimientos rápidos y espasmódicos**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La próxima consulta es si tiene sarpullido o erupción en la piel. Ella dice Nada



**Figura 3.19 Sarpullido o erupción en la piel**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente consulta es si tiene nódulos o protuberancias firmes e indoloras en las muñecas, codos, rodilla, tobillos, la paciente dice SI



Consulta

¿Su niño(a) tiene nódulos o protuberancias firmes e indoloras?(en las muñecas, codos, rodilla, tobillos)

Elija una Opcion

Si

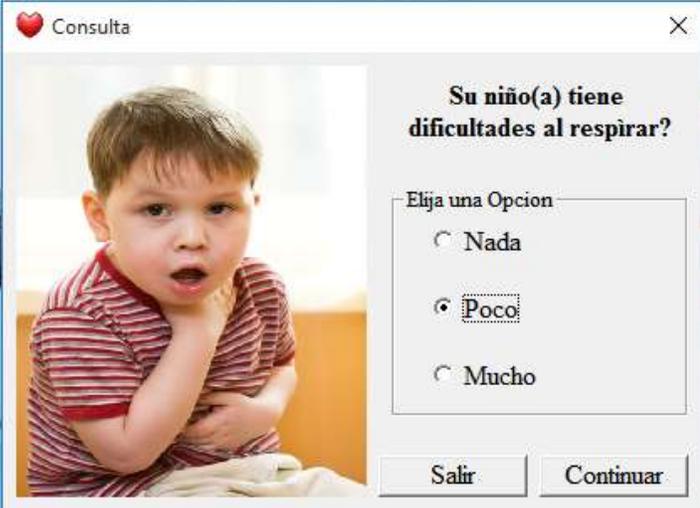
No

Salir Continuar

**Figura 3.20 Nódulos o protuberancias firmes e indoloras**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente ventana realiza la pregunta en tener dificultades al respirar. Ella dice que Poco.



Consulta

Su niño(a) tiene dificultades al respirar?

Elija una Opcion

Nada

Poco

Mucho

Salir Continuar

**Figura 3.21 Dificultades al respirar**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente pregunta es si tiene inflamación en las articulaciones y ella dice SI



Consulta

¿Su niño(a) tiene inflamación en las articulaciones?

Elija una Opcion

Si

No

Salir Continuar

DiarioLibre.com

**Figura 3.22 Inflamación en las articulaciones**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente pregunta es si tiene dolor abdominal y ella dice que Poco



Form8

Su niño(a) tiene dolor abdominal?

Elija una Opcion

Nada

Poco

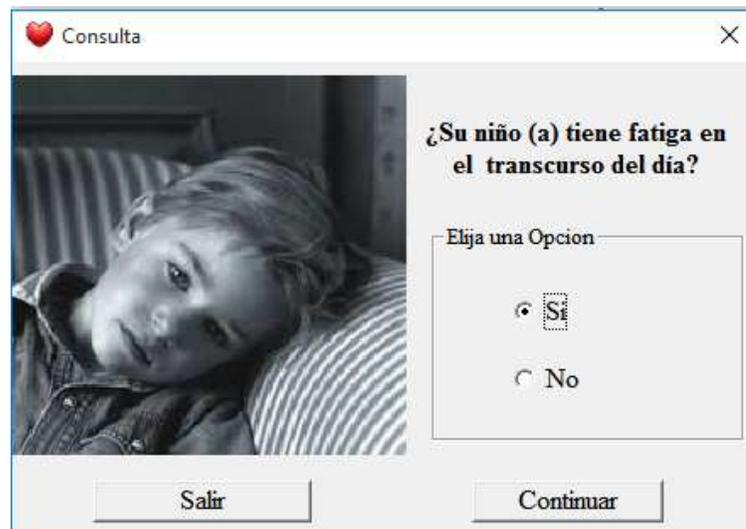
Mucho

Salir Continuar

**Figura 3.23 Dolor abdominal**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

La siguiente pregunta es si tiene fatiga en el transcurso del día y ella dijo que SI



Consulta

¿Su niño (a) tiene fatiga en el transcurso del día?

Elija una Opcion

Si

No

Salir Continuar

**Figura 3.24 Fatiga**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

Al terminar las consultas de los síntomas se tiene un breve diagnóstico y un posible tratamiento.



Diagnostico y Tratamiento

**Diagnostico y Tratamiento**

Diagnostico : Su niño(a) presenta Fiebre Reumática

Tratamiento: Su niño(a) debe tomar Antibioticos como Penicilina de 250 mg (2 veces/dia)  
Tomar reposo y dejar de hacer ejercicios fuertes que afecten sus articulaciones mientras esta en tratamiento.

Continuar

**Figura 3.25 Pantalla de Diagnóstico y Tratamiento**

**Fuente: [Elaboración Propia]**

### 3.2.6 REVISION DEL PROTOTIPO

La etapa de revisión del prototipo se hizo durante todo el proceso de construcción del sistema experto, modificando y puliendo en cada etapa la estructura del sistema experto SEFIRE para así obtener un resultado confiable y un diagnostico eficiente.



# CAPÍTULO 4

## PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

En éste capítulo se realizara la evaluación respectiva de la hipótesis planteada al inicio del presente trabajo que diagnostica si un paciente tiene o no fiebre reumática.

Recordemos que la hipótesis planteada es:

**Hi. La Lógica Difusa permite al Sistema Experto diagnosticar la Fiebre Reumática a niños de 5 a 15 años con una confiabilidad del 90%.**

De la cual se identificó la variable independiente, dependiente y la interviniente que son:

**Variable Independiente:** El sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática.

**Variable Dependiente:** El diagnóstico de la fiebre reumática con una confiabilidad del 90%

**Variable Interviniente:** La lógica difusa

#### 4.1.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ

Supongamos una población cuya función de distribución es desconocida y sea  $X$  la variable aleatoria asociada a esa población, la cual solo puede tomar dos posibles valores como ejemplo, éxito (A) o fracaso (B), sexo Femenino (F) o Masculino (M), etc.

$H_0$ : La muestra es aleatoria.

$H_1$ : La muestra no es aleatoria.

En general, sea una muestra de tamaño  $n$  en la que han aparecido  $n_1$  elementos de tipo A y  $n_2$  elementos de tipo B, siendo  $n_1 + n_2 = n$  sea la variable aleatoria:

$R$ : número total de rachas en la muestra.

Para muestra grande y bajo la hipótesis  $H_0$  es decir, para muestras aleatorias la distribución de probabilidad de  $R$  tiende hacia la normal a medida que  $n_1$  y  $n_2$  se van haciendo grandes.

Esta aproximación es bastante buena si  $n_1 > 10$  y  $n_2 > 10$ ; de tal manera que:

$R \rightarrow N(E[R], \sqrt{Var[R]})$	
<b>Esperanza</b>	$E[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$
<b>Varianza</b>	$Var[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}$

Por consiguiente para muestras grandes se verifica:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{\text{Var}[R]}}$$

Y para una muestra concreta el valor del estadístico Z será:

$$Z_{exp} = \frac{R - \left(\frac{2n_1n_2}{n} + 1\right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n)}{n^2(n-1)}}} + 1$$

En donde R es el número total de rachas observadas en la muestra.

La región de aceptación para la hipótesis nula será:

$$-Z_{\alpha/2} < Z_{exp} < Z_{\alpha/2}$$

El valor de  $Z_{\alpha/2}$  se obtiene de la tabla de N (0,1), de manera que:

$$P\left(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}\right) = p\left(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

#### 4.1.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis por medio de contraste de rachas de wald-wolfowitz se sigue los siguientes pasos:

**Paso 1: Planteamiento de la nula.**

Hi: La Lógica difusa permite al Sistema Experto diagnosticar la enfermedad de la fiebre reumática con una confiabilidad del 90%.

**Paso 2: Selecciona el nivel de confianza.**

El nivel de confianza o significancia que se elige para 90% es  $\alpha = 0.05$  elegida de la Tabla Normal.

### **Paso 3: Identificación del estadístico de prueba.**

Para este caso se utiliza la prueba de rachas o Wald-Wolfowitz utiliza los signos de los residuos y sus variaciones de negativo y positivo o viceversa. Una racha vendrá constituida por la sucesión de signos iguales.

### **Paso 4: Formulación de la regla de decisión**

Para la prueba se toman 12 casos de diagnóstico de la fiebre reumática, realizando la comparación del diagnóstico entre médico y el sistema experto. A continuación se muestra los resultados de la comparación.

<b>Nro. Cas o</b>	<b>Edad</b>	<b>Diagnostico Medico</b>	<b>Diagnostico Sistema Experto SEFIRE</b>	<b>Aceptación Por Rachas</b>
1	Niña 6 años	Presenta Fiebre Reumática	Presenta Fiebre Reumática	+
2	Niño 10 años	Presenta Fiebre Reumática	Presenta Fiebre Reumática	+
3	Niño 9 años	Podría tener Fiebre Reumática	No presenta Fiebre R.	-
4	Niña 8 años	Podría tener Fiebre Reumática	Podría tener Fiebre Reumática	+
5	Niño	Podría tener Fiebre Reumática	No determinado	-

	6 años			
6	Niño 5 años	No presenta Fiebre R.	No presenta Fiebre R.	-
7	Niño 7 años	Presenta Fiebre Reumática	Presenta Fiebre Reumática	+
8	Niño 11 años	Presenta Fiebre Reumática	Presenta Fiebre Reumática	+
9	Niña 9 años	Presenta Fiebre Reumática	Presenta Fiebre Reumática	+
10	Niño 5 años	Presenta Fiebre Reumática	Podría tener Fiebre Reumática	-
11	Niña 11 años	Presenta Fiebre Reumática	Presenta Fiebre Reumática	+
12	Niño 10 años	Podría tener Fiebre Reumática	No determinado	-

**Tabla 4.1 Comparación de diagnóstico del médico y el sistema experto**

**Fuente: [elaboración propia]**

Se tiene los siguientes resultados:

(++)(-)(+)(--)(+++)(-)(+)(-)

Dónde:

- ✓ (+) Representa los casos en los que coincide el diagnóstico proporcionado por el médico y el SEFIRE.
- ✓ (-) Representa los casos en los que no coincide el diagnóstico proporcionado por el médico y el SEFIRE.

Siendo una racha construida por la sucesión de signos iguales se tiene que:

Total Rachas expuestas	$R_{exp} = 8$
Número total de observaciones	$N = 12$
Numero de residuos positivos	$n_1 = 7$
Numero de residuos negativos	$n_2 = 5$

Reemplazando datos para calcular la Esperanza y Varianza se tiene:

<b>Esperanza</b>	$E[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1 = \frac{2*7*5}{7+5} + 1 = \frac{70}{12} + 1 = 6,83$
------------------	---

<b>Varianza</b>	$\text{Var}[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 5(2 \cdot 7 \cdot 5 - 7 - 5)}{(7 + 5)^2(7 + 5 - 1)}$ $= \frac{4060}{1584} = 2.56$
-----------------	--

### Paso 5: Toma de decisión

Y para una muestra concreta el valor del estadístico  $Z_{exp}$  reemplazando datos se tiene:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{\text{Var}[R]}} + 1 = \frac{8 - 6.83}{\sqrt{2.56}} + 1 = \frac{1.17}{1.6} + 1 = 1.7$$

Para calcular la región de aceptación de la hipótesis es necesario hallar el valor de  $Z_{\alpha/2}$  que se obtiene de la tabla de la  $N(0,1)$ , de manera que cumpla:

$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$	
$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$	$P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$
$1 - P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$	$P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = 0.025$
	

$P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = 1 - \frac{\alpha}{2}$	$Z_{\alpha/2} = 1.96$
$P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = 1 - 0.025$	
$P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = 0.975$	
	
$Z_{\alpha/2} = 1.96$	

Por tanto la región de aceptación para la hipótesis nula es:

$$-Z_{\alpha/2} < Z_{exp} < Z_{\alpha/2}$$

$$-1.96 < 1.7 < 1.96$$

Se puede ver que el estadístico  $Z_{exp} = 1.7$  cae en el intervalo de aceptación de la hipótesis, por lo tanto se puede afirmar que  $H_0$ : La Lógica Difusa permite al Sistema Experto diagnosticar la enfermedad de la Fiebre Reumática con una confiabilidad del 90%.

Lo que muestra que la tesis es un trabajo valido, además muestra que los datos de la muestra son aleatorios.



# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

El Sistema Experto desarrollado mejora el diagnóstico y ayuda al tratamiento en la especialidad de Pediatras desarrollando lo siguiente:

- Los sistemas expertos son de mucha utilidad en la vida real, apoyan en gran manera a los sistemas de soporte de decisión ya que permiten tomar decisiones basadas en la experiencia humana de algún especialista en determinada área.
- El periodo de realización de un sistema experto es largo, no por el desarrollo de la aplicación, sino por el proceso de adquisición de conocimientos, ya que es un conocimiento especializado, con el cual el ingeniero del conocimiento no se encuentra familiarizado. Adicionalmente, en el área de la medicina modelar el conocimiento del cuerpo humano no es una tarea sencilla.
- El diagnóstico se realiza con rapidez y confiabilidad, siempre que los datos aportados por el paciente en la consulta con el médico sean confiables y suficientes.

- Se realizó el diseño de sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática combinando las distintas etapas de construcción de la metodología Buchanan con las distintas fases de construcción de un sistema experto con una arquitectura clásica, además de aplicar la lógica difusa o borrosa en la parte de formalización del conocimiento, definiendo conjuntos y funciones de pertenencia difusos para algunos de los síntomas presentado en la fiebre reumática.
- Al desarrollar el prototipo del sistema experto se puede concluir que este ayudara al incremento de la atención en las consultas médicas y permitir ahorrar recursos a los pacientes, al eliminar el trasladarse a otras ciudades para realizarse el diagnostico.
- Se desarrolló un prototipo desarrollado en Visual Basic 6.0 denominado “SEFIRE”, con el cual se hizo las pruebas y la validación del modelo del sistema experto.
- Con la demostración de la prueba de hipótesis podemos concluir que el Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de la Fiebre Reumática, utilizando lógica difusa permite brindar un diagnostico confiable del 90%.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se podría ampliar la respuesta del sistema experto, considerando también el tratamiento como ser en la dosificación de fármacos y el tiempo de suministro que requiere el paciente.

En el desarrollo del trabajo se consideró solamente a niños entre la edad de 5 a 15 años ya que esa es la edad promedio en la que se inicia la fiebre reumática pero hay casos en personas adultas que tuvieron en la infancia y lo previnieron pero el brote vuelve a lo adulto. Se recomienda realizar un análisis para considerar esos casos.

El sistema experto propuesto no realiza la interpretación de los exámenes de laboratorio, los cuales son importantes para el diagnóstico y control de la fiebre reumática, se recomienda incorporar un módulo específico para la interpretación de exámenes de laboratorios.

El sistema experto fue basado en la lógica difusa para el tratamiento de algunos síntomas considerados inciertos, se recomienda aplicar otros modelos de la Inteligencia Artificial

como redes bayesianas para el diseño de un árbol de decisión o usar redes neuronales para realizar una mejor representación del conocimiento.

Considerando que la fiebre reumática es una más de las diversas enfermedades reumatológicas, además viendo que existen otras propuestas de sistemas expertos como por ejemplo el diagnóstico de la osteoporosis, el lupus y la artritis reumatoides, se recomienda realizar un sistema experto uniendo los conocimientos de todos ellos para así poder ayudar a definir de una manera más específica a diagnosticar una enfermedad reumática y no cometer errores de confundir los síntomas.



## **BIBLIOGRAFIA**

1. MERCADO, S.H., 1998: “Como Hacer Una Tesis”, ED McGraw Hill, Edo. De México, 501 Págs.
2. FLORES, R., 2012: “Apuntes de Sistemas Expertos, Universidad Mayor de San Andrés”, La Paz – Bolivia.
3. PRESSMAN, 2010: “Ingeniería de software: un enfoque práctico”, sexta edición, Mc. Graw Hill.
4. ESCOBAR. U, 2007: “Sistema Experto para el diagnóstico de desnutrición en niños menores de 5 años”. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencia Puras y Naturales.
5. MAMANI, Carmen 2013: “Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Artritis Reumatoide”, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencia Puras y Naturales.
6. HERNANDEZ, S.R: FERNANDEZ, C.C. & BAPTISTA, L.P. 2010 (quinta edición):”Metodología de la investigación”. Mc. Graw Hill
7. DONES, L. M. Febrero de 2005. Sistema Experto para el Diagnostico de Trastornos Depresivos. Recuperado el 15 de Junio de 2013.
8. MAMANI, C. R. 2012. Sistema Basado en el conocimiento para el Diagnostico de Osteoporosis en mujeres de 35 a 45 años. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencia Puras y Naturales.
9. QUISPE, ALE. E. 2006. Sistema Experto para el Diagnostico de Cáncer de Colon. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencia Puras y Naturales.
10. GALVEZ, CRISSTHIAM F. 2012 Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento del Cáncer del Riñón. La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencia Puras y Naturales.

### **Páginas De Internet**

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/2686/3865>

<http://www.depi.itch.edu.mx/apacheco/lengs/kbs/>

[http://www.automind.cl/mantencion/des\\_des\\_im\\_sisex.html](http://www.automind.cl/mantencion/des_des_im_sisex.html)

<http://www.aibarra.org/Guias/7-4.htm>

<http://www.depi.itch.edu.mx/apacheco/expo/html/ai12/#page2>

<http://www.clinicadelsur.com.bo>



## GLOSARIO

**Hipótesis.** Explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones

**Sistema Experto.** Sistema Informático que forman parte de la inteligencia artificial, estos simulan el proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia

**Lenguaje.** Es un traductor de comandos escritos con una sintaxis específica. Un lenguaje para sistemas expertos también proporciona un mecanismo de inferencia que ejecute las instrucciones del lenguaje.

**Herramienta.** Es un lenguaje adicionalmente asociado con programas de utilerías para facilitar es desarrollo, la depuración y el uso de los programas de aplicación. Los programas de utilería pueden incluir editores de texto e imágenes depuradores, administradores de archivos e incluso generadores de código.

**Prototipo.** Es una “muestra” más simplificada de un sistema. Permite entregar un resultado rápido de cómo se verá o será el sistema a diseñar. Por lo general el prototipo se muestra al cliente/usuario para lograr cumplir con todos los requisitos necesarios.

**Lógica Difusa.** Es una técnica de la inteligencia computacional que permite trabajar con información con alto grado de imprecisión.

**Conjuntos Difusos.** Considerados como una generalización de los conjuntos clásicos, contempla la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto, es decir, cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1.

**Funciones de pertenencia.** Proporciona una medida de grado de similitud de un elemento de U con el conjunto difuso. Su forma depende del criterio aplicado en la resolución de cada problema. La única condición que debe cumplir una función de pertenencia es que tome valores.

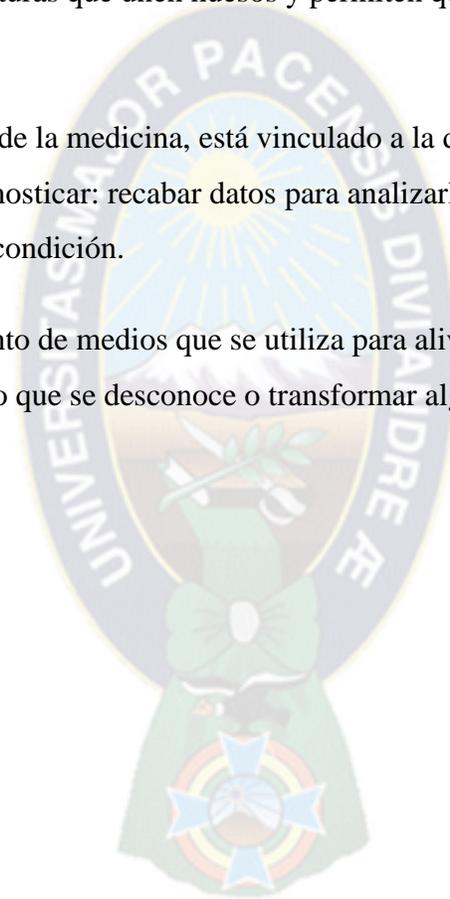
**Variables lingüísticas.** Variable que puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores.

**Fiebre reumática.** La Fiebre Reumática es una enfermedad desencadenada por la infección por un germen llamado Estreptococo. La enfermedad, que puede dañar permanentemente el corazón, se manifiesta con una artritis transitoria.

**Articulaciones.** Son estructuras que unen huesos y permiten que el cuerpo humano se mueva.

**Diagnostico.** En el ámbito de la medicina, está vinculado a la diagnosis. Este término, a su vez, hace referencia a diagnosticar: recabar datos para analizarlos e interpretarlos, lo que permite evaluar una cierta condición.

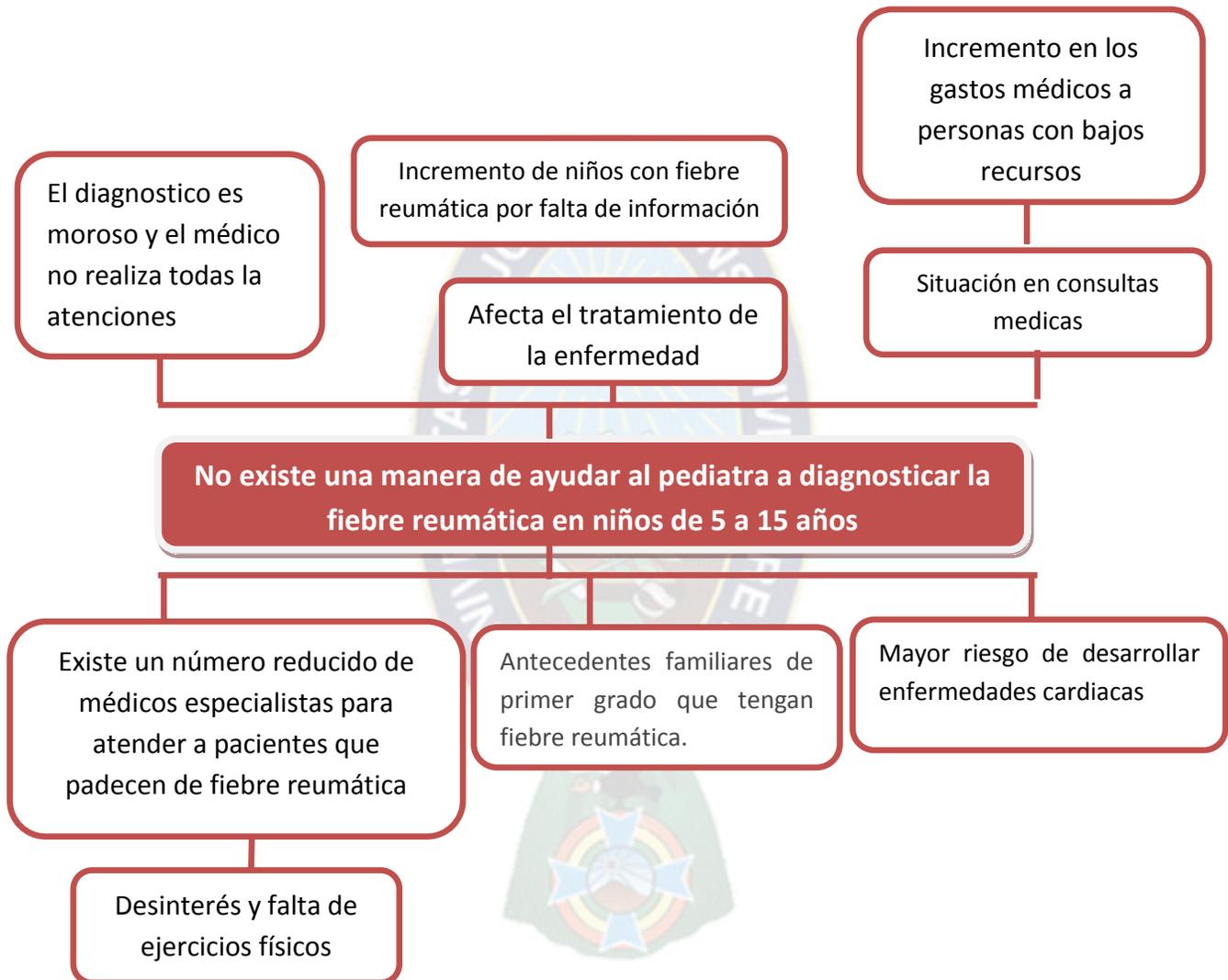
**Tratamiento.** Es un conjunto de medios que se utiliza para aliviar o curar una enfermedad, llega a la esencia de aquello que se desconoce o transformar algo. Suele usarse como sinónimo de terapia.



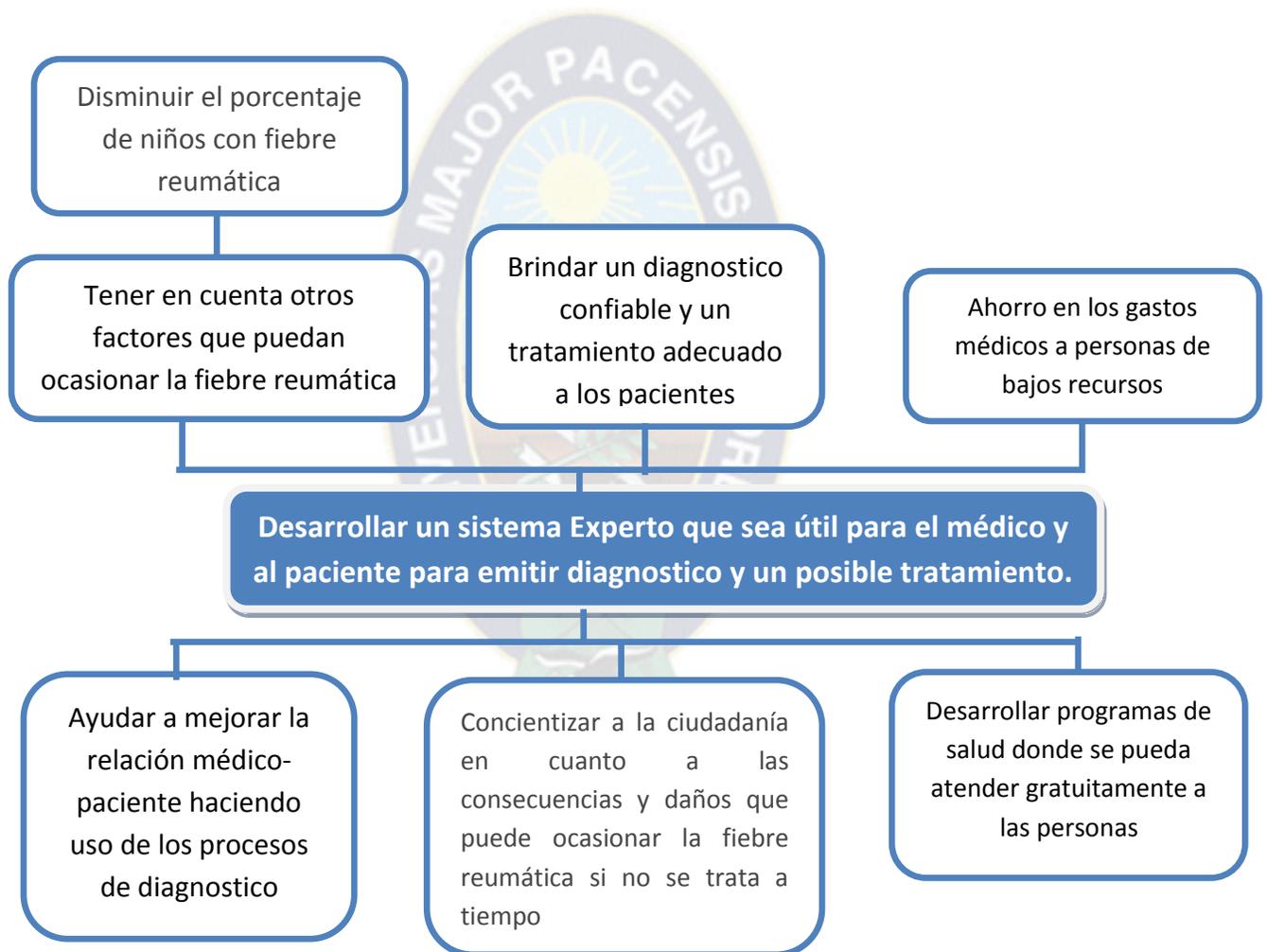


**ANEXO**

## ÁRBOL DE PROBLEMAS



## ÁRBOL DE OBJETIVOS

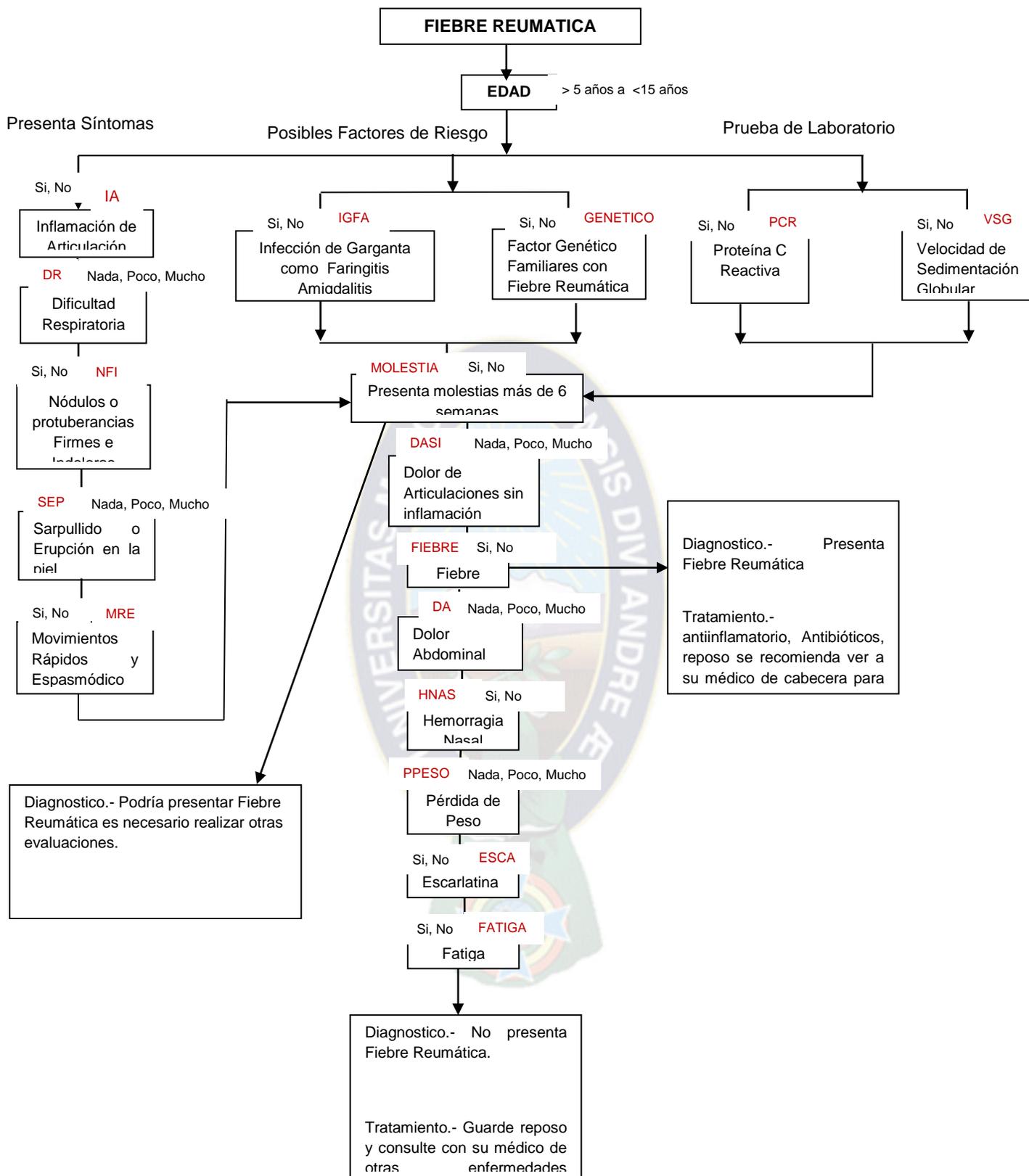


## MARCO LÓGICO

UN RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACION	SUPUESTOS
<p><b>FIN</b> Contribuir al desarrollo tecnológico del país, aportando con herramientas computacionales que permitan estudiar la fiebre reumática</p>	<p>Evaluación del sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la fiebre reumática, presentando una confiabilidad del 90 % para el medico</p>	<p>Encuestas y entrevistas a personas involucradas sobre la fiebre reumática Informes realizados por un doctor en el área.</p>	
<p><b>PROPÓSITO</b> Realizar un sistema experto que diagnostique la fiebre reumática y sugiera un tratamiento adecuado a seguir.</p>	<p>Prototipo del sistema experto para diagnosticar la fiebre reumática con una confiabilidad del 90 % concluido en diciembre 2015</p>	<p>Informes realizados por el tutor y asesor Presentación y aprobación de la documentación al asesor y tutor Pruebas del prototipo del Sistema Experto</p>	<p>Estudios anteriores sobre la información de la fiebre reumática en el país Existencia de trabajos de investigación de las aplicaciones del sistema experto en otros campos de la medicina</p>
<p><b>RESULTADOS</b> 1. Base de conocimiento del sistema experto. 2. Base de hechos del sistema experto. 3. Motor de inferencia del sistema experto. 4. Prototipo del sistema experto.</p>	<p>Niveles de grado de la fiebre reumática Clasificados las reglas difusas Prototipo de simulación aprobado</p>	<p>Informe de seguimiento de investigación, hecho por el asesor y tutor Documentación del trabajo de investigación Resultados de pruebas del prototipo</p>	

<p><b>ACTIVIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigar sobre la fiebre reumática</li> <li>2. Análisis y abstracción del problema de la fiebre reumática</li> <li>3. Identificar los síntomas y posibles tratamientos de la fiebre reumática</li> <li>4. Desarrollo del sistema experto</li> <li>5. Implementación del prototipo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lectura de libros de medicina, internet, revistas y artículos de medicina</li> <li>2. Identificación de datos</li> <li>3. Estudio del lenguaje de programación</li> <li>4. Implementación del Sistema</li> </ol>	<p>Documento final de trabajo de tesis</p> <p>Informe de avance otorgado por el asesor y tutor</p> <p>Como es la implementación de un prototipo no se tendrá ni un costo monetario</p>	<p>Disposición de bibliografía necesaria</p> <p>Existencia de equipos de computación</p> <p>Disponibilidad de internet</p> <p>Documentación necesaria para realización del trabajo de tesis..</p>
--	--	--	---





**ANEXO: Árbol de decisiones**



**DOCUMENTACION**  
**ADJUNTA**