

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



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO DE DIAGNOSTICO Y
TRATAMIENTO DEL CANCER DE PROSTATA”**

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

POSTULANTE: José Edwin Chambi Cahuapaza

TUTOR: Lic. Efraín Silva Sánchez

REVISOR: Lic. Carlos Mullisaca Choque

LA PAZ - BOLIVIA
GESTION 2007

DEDICATORIA

A Dios por no abandonarme en los momentos más difíciles
A mí amada familia por brindarme todo su apoyo y no perder nunca la fe en mí
A mi queridos padres Emilio Chambi Chambi y Josefa Cahuapaza de Chambi
Por darme la vida y enseñarme a caminar mis primeros pasos
Por todo su amor, comprensión y desvelos
A mi querida hermana Guadalupe L.
Por todo su esfuerzo en no verme derrotado
A mis hermanos Rodolfo y Leocadio Guido Chambi
y a mis queridos sobrinos
Grecia, Fernando, Viviana, Rodrigo, Einar y Tatiana
por su constante apoyo y aliento hasta el final.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a mi tutor el Lic. Efraín Silva Sánchez, 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 agradecimiento sincero y desde lo mas profundo al Lic. Carlos Mullisaca Choque por guiarme en las diferentes etapas de la tesis, por su asesoramiento y consejos, por su paciencia y buena voluntad, por enseñarme el valor de la grandeza en la humildad.

También debo agradecer a los docentes de la carrera de informática, por inculcarme sus conocimientos, sabiduría y valores durante el transcurso de mi vida universitaria.

Agradezco desde el alma la amistad brindada por los compañeros de la carrera de informática, con quienes compartimos momentos muy buenos y tambien los malos, de manera especial a: Gonzalo Chura, Freddy Delgado, Eduardo Clavijo, Edwin Luis Quispe, Ricardo Aduanas, Richard Foronda, Basilio Chiri, gracias por su amistad y su apoyo.

RESUMEN

Los Sistemas Expertos son un área de la Informática que se derivan de una rama de la investigación científica llamada Inteligencia Artificial (IA). El objetivo de los Sistemas Expertos es entender y emular la inteligencia humana y sus procesos de razonamiento para obtener modelos de inferencia lógica y finalmente desarrollar aplicaciones computacionales que representen dicha inteligencia.

El Sistema Experto de Diagnostico y Tratamiento del Cáncer de Próstata es un sistema que utiliza la Lógica Difusa como su principal herramienta de inferencia, la Lógica Difusa (Fuzzy Logic) que es una lógica multievaluada es una generalización de la lógica tradicional (Booleana), utiliza conceptos de pertenencia a conjuntos mas parecidos a la manera de pensar humana. Estos conceptos se inician con los trabajos del Dr. L. Zadeh conocido como el padre de la Lógica Difusa.

El sistema experto de Diagnostico y Tratamiento del Cancer de Próstata es un Sistema Experto Difuso con características tales como ser: cuenta con los modulos fuzzificador y defuzzificador que son los que transforman los valores reales en conjuntos difusos mediante funciones de pertenencia y viceversa, cuenta con una base de conocimientos en donde se encuentra la base de datos y la base de reglas que es donde esta codificada el conocimiento del especialista humano, también se tiene el motor de inferencia que es una de las partes mas importantes del sistema experto, este motor de inferencia difuso es la que recibe las entradas y evalúa las reglas a utilizar para finalmente inferir un resultado que en nuestro caso es un diagnostico para el paciente y su posterior tratamiento a seguir.

Este sistema experto esta implementado y evaluado en un prototipo de desarrollo rapido (rapid prototip), que cuentan con el modulo de inferencia difusa, la base de conocimientos, los módulos de fuzzificacion y defuzzificacion, este software es el Fuzzy Toolbox de Matlab version 7.0.

El trabajo con el especialista en urología fue muy importante pues fue el quien resolvió muchas dudas en el analisis de las variables de la enfermedad y las relaciones existentes entre ellas, tambien fue el factor fundamental en el desarrollo de las reglas de producción del sistema.

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1	Introducción.....	1
1.2	Antecedentes.....	2
1.3	Planteamiento del Problema.....	4
1.4	Hipótesis.....	5
1.5	Modelo del Sistema Difuso.....	5
1.6	Variables del Sistema.....	5
1.7	Objetivos.....	6
1.7.1	Objetivo General.....	6
1.7.2	Objetivos Específicos.....	6
1.8	Justificación.....	7
1.8.1	Justificación Técnica/científica.....	7
1.8.2	Justificación Social.....	7
1.8.3	Justificación Económica.....	7
1.9	Alcances y Aportes.....	8
1.9.1	Alcances.....	8
1.9.2	Aportes.....	8
1.10	Metodología.....	8

CAPITULO II

CÁNCER DE PROSTATA

2.1	La Prostata.....	10
2.2	Enfermedades de la Prostata.....	11
2.3	El Cancer de Prostata.....	11
2.4	Factores de Riesgo.....	12
2.5	Sintomas del Cancer de Prostata.....	13
2.6	Pruebas Diagnosticas del Cancer de Prostata.....	14
2.7	Tacto Rectal.....	14

2.8 Antígeno Específico Prostatico PSA.....	14
2.9 Ecografía Transrectal.....	15
2.10 Biopsia de Próstata.....	15
2.11 Tomografía Axial Computarizada.....	15
2.12 Resonancia Magnética Nuclear.....	16
2.13 Gammagrafía Ósea.....	16
2.14 Índice de Gleason.....	16
2.15 Estadios en el Cáncer de Próstata.....	16
2.16 Estadificación Sistema TNM.....	17
2.17 Tratamientos en el Cáncer de Próstata.....	19

CAPITULO III

SISTEMAS EXPERTOS DIFUSOS

3.1 Lógica Difusa.....	23
3.2 Conjuntos Difusos.....	25
3.3 Variables Lingüísticas Difusas.....	26
3.4 Universo de Discurso.....	26
3.5 Funciones de Pertenencia.....	27
3.6 Sistemas Expertos Difusos.....	28
3.7 Estructura de los Sistemas Expertos Difusos.....	28
3.8 Fuzzificación.....	29
3.9 Mecanismo de Inferencia.....	29
3.10 Defuzzificación.....	30
3.11 Métodos de Razonamiento Difuso.....	31
3.12 Método Mamdani.....	32
3.13 Método TKG-Sugeno.....	32

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

4.1 Introducción.....	33
4.2 El Método Científico.....	33

4.3	Etapas de Desarrollo del Sistema Experto Difuso.....	34
4.3.1	Definicion del Problema.....	34
4.3.2	Analisis.....	34
4.3.3	Diseño.....	34
4.3.4	Eleccion del Software.....	35
4.3.5	Construccion del prototipo.....	35
4.3.6	Evaluacion de Resultados.....	35
4.4	Identificacion de las Variables Asociadas al Cancer de Prostata.....	37
4.5	Evaluacion de las Variables del Cancer.....	38
4.5.1	Pruebas y Factores de Riesgo Iniciales.....	39
4.5.1.1	Edad del Paciente.....	39
4.5.1.2	Antecedente Familiar.....	39
4.5.1.3	Tacto Rectal.....	39
4.5.1.4	Nivel de PSA.....	40
4.5.1.5	Nivel de PSA L/T.....	40
4.5.1.6	Ecografía Transrectal.....	41
4.5.2	Prueba Determinante del Cancer.....	41
4.5.2.1	Biopsia de Próstata.....	41
4.5.3	Exámenes Clínicos Post Biopsia.....	42
4.5.3.1	Índice de Gleason.....	42
4.5.3.2	Tomografía Axial Computarizada.....	42
4.5.3.3	Resonancia Magnética Nuclear.....	44
4.5.3.4	Gammagrafía Ósea.....	45
4.5.4	Pruebas Determinantes para la Estaficación.....	45
4.5.4.1	Biopsia de Nervios Periprostaticos.....	45
4.5.4.2	Biopsia de Vesículas Seminales.....	45
4.5.4.3	Biopsia de Ganglios Linfáticos.....	45
4.5.5	Estaficación.....	45
4.6	Identificacion de las Variables de Entrada y Salida.....	46
4.7	Definicion y Codificacion de las Variables Lingüísticas.....	47
4.8	Definicion de los Conjuntos Difusos y las Funciones de Pertenencia.....	49

4.9	Arbol de Decisión para la Estatificación.....	52.
4.10	Desarrollo de las Reglas.....	53
4.11	Definicion del Metodo Difuso.....	53
4.11.1	Sistema de Inferencia.....	54
4.11.2	Obtencion de la Salida del Sistema Difuso.....	55
4.11.3	Esquema del Modelo de Inferencia basado en Reglas Individuales.....	55
4.11.4	Inferencia Difusa Mamdani.....	56
4.11.5	Fuzzificacion	56
4.11.6	Defuzzificacion.....	56
4.12	Eleccion del Software para el Prototipo.....	57
4.13	Desarrollo del Prototipo del Sistema.....	58
4.13.1	Base de Conocimientos.....	58
4.13.1.1	Base de Reglas.....	58
4.13.1.2	Base de Datos.....	59
4.13.2	Sistema de Inferencia Difusa FIS.....	60
4.13.3	Visualizador de Reglas	60
4.13.4	Visualizador de Superficies.....	62
 <i>CAPITULO V</i>		
<i>RESULTADOS Y DISCUSION</i>		
5.1	Análisis de resultados.....	64
 <i>CAPITULO VI</i>		
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>		
6.1	Conclusión.....	69
6.2	Recomendaciones.....	69
 <i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>		
<i>GLOSARIO MEDICO.....</i>		
<i>ANEXOS.....</i>		
<i>DOCUMENTACION ADJUNTA.....</i>		

LISTA DE FIGURAS

Num.	DESCRIPCION	Pag.
1.1	Modelo del sistema difuso.....	5
1.2	Variables del sistema.....	6
2.1	Anatomia de la glandula prostatica.....	10
3.1	Arquitectura de un sistema experto difuso.....	28
4.1	Esquema del metodo cientifico por su finalidad.....	34
4.2	Etapas de desarrollo del sistema experto.....	36
4.3	Variables asociadas al cancer de próstata.....	37
4.4	Niveles de relacion de las variables.....	38
4.5	Relacion nivel de PSA y pruebas complementarias	40
4.6	Resultados de la biopsia.....	41
4.7	Relacion IG y pruebas complementarias.....	42
4.8	Variables de entrada y salida.....	46
4.9	Conjuntos difusos edad del paciente.....	49
4.10	Conjuntos difusos de la variable PSA.....	50
4.11	Conjuntos difusos de la variable PSA L/T.....	51
4.12	Arbol de decisión	52
4.13	Arquitectura del sistema difuso mamdani.....	54
4.14	Inferencia modelo mamdani.....	56
4.15	Características del Fuzzy Toolbox.....	57
4.16	Editor de reglas del sistema Diagnosprost.....	58
4.17	Editor de funciones de pertenencia del sistema Diagnosprost.....	59
4.18	Sistema de inferencia difusa Diagnosprost.....	60
4.19	Visualizador de reglas	61
4.20	Superficie GLE-TR-EST.....	62
4.21	Superficie PSA-GLE-EST.....	62
4.22	Resultados de la inferencia difusa.....	63

ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

El presente trabajo de tesis se encuentra organizado de la siguiente manera:

Capítulo 1. En este capítulo se plantea el problema que se desea resolver mediante la demostración de la hipótesis, se define el objetivo general y los objetivos específicos también se detallan las justificaciones del trabajo y los alcances del mismo.

En el Capítulo 2 se explica todo lo referente al Cáncer de Próstata, el desarrollo de la enfermedad, factores de riesgo, las pruebas y exámenes para su diagnóstico y los estadios que atraviesa la enfermedad.

En el Capítulo 3 se encuentra en detalle lo que es la teoría de los Sistemas Expertos Difusos, esto contempla la Lógica Difusa, los Conjuntos Difusos, las Variables Lingüísticas, Estructura de los Sistemas Expertos y los métodos de razonamiento Difuso como son el método Mamdani y el método Takagisugeno.

En el Capítulo 4 se encuentra el Análisis, Diseño y Construcción del Prototipo, es decir el Desarrollo del Sistema Experto propiamente dicho, Se identifican las variables del sistema, el grado de relación de las variables con la enfermedad del cáncer, se diseñan los conjuntos difusos, se diseñan la base de reglas, se implementa y evalúa el sistema en el prototipo de desarrollo rápido de Matlab (Fuzzy Toolbox) mediante el método mamdani con sus respectivos módulos.

En el Capítulo 5 se evalúan y comparan los resultados obtenidos tanto por el sistema experto como por los resultados obtenidos por el especialista médico, se analiza en qué medida el sistema se aproxima al diagnóstico humano y si se ha comprobado la hipótesis inicial con los resultados obtenidos y en qué aspectos se podría mejorar el sistema.

En el Capítulo 6 se describe la conclusión del presente trabajo más las recomendaciones dadas para mejorar y optimizar trabajos futuros.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION

La inteligencia artificial (IA) es una disciplina científica-técnica que esta orientada al estudio del razonamiento humano y sus diversas formas de comportamiento para luego intentar reproducir mediante un modelo lógico la forma en que los seres humanos identifican estructuras, infieren resultados y resuelven problemas difíciles. El objetivo es crear sistemas artificiales capaces de imitar comportamientos de las personas utilizando las ultimas tecnologías en informática y robótica.

Los sistemas expertos son una rama mas de la inteligencia artificial, se diría que es la aplicación mas extensa de la IA y en las ultimas décadas viene cobrando un notable interés por su gran aplicabilidad en diversas áreas de la ciencia y la tecnología.

La idea básica de estos programas es capturar en una computadora la experiencia y el conocimiento de una persona experta en una área determinada del saber, de modo tal que otra persona no experta llamado usuario pueda utilizarla y aprovechar esa información.

Los sistemas expertos son programas que se basan en el conocimiento y tratan de imitar el razonamiento de un experto para resolver un problema de un tópico definido. Su comportamiento se basa generalmente mediante reglas de producción es decir, se basa en conocimientos previamente definidos, y mediante estos conocimientos, los SE son capaces de calcular soluciones.

Los campos de aplicación de estos sistemas son numerosos tales como: la medicina, enseñanza, estrategias militares, económicas, financieras, ingeniería, derecho, etc. Aunque en nuestro medio aun es insignificante el conocimiento y uso de estas tecnologías como lo es en países mas desarrollados donde muchas de las tareas del ser humano ha sido reemplazado por programas y maquinas.

Estos sistemas son desarrollados con diferentes objetivos y muy variados propósitos, entre algunas tareas que realiza un sistema experto tenemos el diagnostico, interpretación, monitoreo, selección, planificación, control, simulación, pronostico, instrucción, etc.

Un experto humano es una persona que es muy competente en un area determinada del conocimiento, es alguien que sabe mucho sobre un tema determinado y que puede dar un

consejo adecuado basado en sus conocimientos pasados, esta experiencia solo se adquiere tras un largo proceso de aprendizaje y a base de mucha experiencia histórica.

1.2 ANTECEDENTES

El cáncer de próstata es una enfermedad que afecta a un gran número de personas en nuestro país y a nivel global, más específicamente a los hombres de edad adulta avanzada. Esta enfermedad se manifiesta en la glándula sexual masculina llamada próstata y pasa por diferentes etapas, en sus etapas iniciales la enfermedad no presenta síntomas pero a medida que el cáncer crece se presentan síntomas que pueden ser reconocidas tanto por el médico como por el paciente, si esta enfermedad es diagnosticada a tiempo en sus estadios iniciales, se podrá comenzar un tratamiento efectivo pues se evitara que se disemine a otros órganos importantes, al contrario si es detectada en sus etapas avanzadas el cancer estará en otras partes del cuerpo y el tratamiento es muy poco efectivo y solo existen tratamientos paliativos.

El cancer prostatico comienza a desarrollarse en la mayoría de los hombres mayores a partir de 40-50 pero se llega a manifestar plenamente pasando los 60 años, aunque la mayoría muere por otras causas y no el cancer de próstata investigaciones recientes han llegado a concluir que esos hombres tenían el cancer de próstata en diferentes niveles de desarrollo, esto por que una de las principales causas que originan el cancer de próstata es que los andrógenos son los principales reguladores del crecimiento y actividad de la próstata, los andrógenos son la hormona sexual masculina que tienen todos los hombres en cantidades diferentes durante toda su vida.

La mejor forma de combatir esta enfermedad al igual que los diferentes tipos de cancer existentes es la prevención y detección de síntomas en sus etapas iniciales aunque esto es muy difícil pues el cancer en sus etapas iniciales no presenta síntomas, cuando ya se manifiestan los síntomas quiere decir que el cancer esta en una etapa avanzada, También hay pruebas que se pueden realizar para tener más certeza del nivel de estado de gravedad del cancer, estas pruebas son en tacto rectal (prueba donde el médico toca la próstata con el dedo índice por el recto), el examen de Antígeno Específico de Próstata (PSA. Prueba sanguínea), ecografía de próstata y la biopsia de prostata (análisis de tejido celular de la prostata).

El desarrollo de sistemas expertos en el área de la medicina no es reciente, ya en el año de 1972 se creó Mycin un sistema experto que causó gran impacto, su objetivo era detectar

trastornos en la sangre y recetar los medicamentos necesarios, en ese entonces su éxito fue tal que llegaron a usarla en varios hospitales. De ahí en adelante se desarrollaron SE para diferentes especialidades medicas como ser diagnostico de la diabetes, diagnostico de cancer de seno, diagnostico de enfermedades pulmonares, etc.

Los Sistemas Expertos proceden inicialmente de finales de los años 50. Hacia 1957 un programa denominado GPS ("General Problem Solver" o Solucionador General de Problemas) fue llevado a cabo por los investigadores Alan Newell y Herbert Simon. Este programa podía trabajar con criptografía utilizando matemáticas, también con las torres de Hanoi y otros problemas similares a éste. Era un buen sistema pero no podía resolver problemas del mundo real.

Fue un buen comienzo. Con este intento otros investigadores se dieron cuenta que para poder tener más éxito construyendo este tipo de sistemas debían restringir el dominio de estudio a uno más pequeño. De esta manera se les haría más fácil simular parte del pensamiento humano para la resolución de problemas. De estas ideas nacen los Sistemas Expertos.

Los sistemas expertos (también conocidos por sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos basados en el conocimiento) son una rama de la IA que hace uso del conocimiento especializado para resolver problemas como un especialista humano. Éste es una persona que tiene experiencia desarrollada en cierta área, es decir, el especialista tiene conocimientos o habilidades especiales que la mayoría no conoce o de las que no dispone (el llamado dominio de conocimiento); puede resolver problemas que la mayoría no podría resolver, o los resuelve con mucha mayor eficiencia (y a menor coste). El conocimiento de los sistemas expertos puede obtenerse por experiencia o consulta de los conocimientos que suelen estar disponibles en libros, revistas y con personas capacitadas.

En su dominio de conocimiento el sistema experto razona o hace inferencias de la misma forma que un especialista humano inferiría la solución de un problema (dados unos hechos se infiere una conclusión).

Los sistemas expertos que aplican la Lógica Difusa (llamados tambien Sistemas Expertos Difusos) tienen gran desarrollo en diferentes áreas de la tecnología y la vida real, esto pues la logica difusa se acerca mas a la forma de pensar del hombre, la logica difusa llamada

tambien logica multievaluada clasifica en valores lingüísticos las variables de estudio igual que lo haría un ser humano.

Existen muchos trabajos en este campo, el desarrollo de sistemas expertos difusos se ha hecho muy popular en muchas y diversas aplicaciones como ser la medicina, mencionaremos algunas de ellas que han sido extraídas de la biblioteca de la Carrera de Informática (FCPN-UMSA).

- Tesis de grado “Modelo de Diagnóstico 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 diagnóstico e indicar su tratamiento. (Uchani, 2003).
- Tesis de grado “Sistema Experto para Diagnostico de Diabetes”, utilizando Redes Neuronales y Lógica Difusa para representar el conocimiento del Especialista y logrando que la red Neuronal pueda inferir dando un diagnóstico confiable e indicar su respectivo tratamiento. (Ríos, 2004).
- Tesis de grado “Sistema Experto para Diagnostico del Cancer de Piel”, este sistema utiliza la Lógica Difusa como modelo de inferencia para dar un diagnóstico confiable e indicar su respectivo tratamiento. (Machaca, 2005).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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

¿El Sistema Experto de Diagnostico del Cáncer de Próstata mediante la Lógica Difusa será capaz de obtener un Diagnostico y Tratamiento adecuado para el paciente?.

1.4 HIPOTESIS

El "Sistema Experto de Diagnostico de Cáncer de Próstata" utilizando lógica difusa brinda un diagnostico y tratamiento adecuado a seguir al paciente.

1.5 MODELO DEL SISTEMA DIFUSO

El modelo del Sistema Experto de Diagnostico y Tratamiento del Cáncer de Próstata tendrá las siguientes características

- Entradas al Sistema Experto Difuso
- Sistema de Inferencia Difuso
- Resultados del Sistema Experto

FIGURA 1.1: Modelo del sistema difuso



Fuente: Elaboración Propia

1.6 VARIABLES DEL SISTEMA

Las variables que se identificaron que tiene relación con la enfermedad del cáncer de próstata y además servirán para elaborar un modelo del sistema difuso de diagnostico son las siguientes.

FIGURA 1.2: Variables del sistema



Fuente: Elaboración propia

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

DESARROLLAR UN SISTEMA EXPERTO PARA DAR UN DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO ADECUADO DEL CANCER DE PRÓSTATA MEDIANTE EL USO DE LA LOGICA DIFUSA.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollo del sistema experto mediante el modelo difuso tipo Mamdani.
- Implementar los modulos de fuzzificacion y desfuzzificacion
- Construir la base de datos mediante el diseño de los conjuntos difusos y sus funciones de pertenencia, a través del conocimiento del especialista y el ingeniero del conocimiento.
- Construir la base de reglas mediante el arbol de desiciones para el diagnostico del cancer de próstata.
- Diseñar un mecanismo de inferencia (motor de control) en el metodo Mamdani que trabajara mediante el encadenamiento hacia delante, es decir, el modus ponens generalizado (Implicación-Agregación Min-Max).

- Implementar el sistema mediante un prototipo para probar la validez del diagnostico del cancer próstata utilizando un modelo de desarrollo de prototipos Fuzzy Toolbox de Matlab version 7.0.
- Probar la validez y funcionamiento del sistema experto tomando como entradas los datos reales de pacientes con cancer y compararlas con el diagnostico del especialista medico.

1.8 JUSTIFICACION

1.8.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA/CIENTÍFICA

Es factible técnicamente el desarrollo de un sistema de esta naturaleza pues se aplican en su diseño, modelado y construcción herramientas técnicas y científicas como ser el estudio y la investigación mediante el método científico, el desarrollo mediante la teoría de los sistemas expertos basados en lógica difusa (sistemas de inferencia difusa) y la implementación mediante un prototipo de desarrollo de Matlab.

1.8.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El sistema experto de Diagnóstico y Tratamiento de Cáncer de Próstata será una herramienta importante de consulta e información, pues este podrá brindar apoyo especialmente a los profesionales médicos ya sean de la especialidad en cuestión o a médicos generales para comprobar y comparar resultados. De esta manera poder obtener diagnósticos más acertados y afrontar con más certeza este flagelo que afronta la humanidad y desde luego la prevención, detección de síntomas a priori y la información son las mejores armas para combatir el cáncer de próstata.

1.8.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El desarrollo del siguiente proyecto económicamente es factible pues los gastos no son muy elevados en comparación con los beneficios que este podrá brindar a los usuarios que utilizaran el sistema.

1.9 ALCANCES Y APORTES

1.9.1. ALCANCES

El presente trabajo abarca el desarrollo de un Sistema Experto de Diagnostico del Cancer de Próstata mediante la aplicación de la Lógica Difusa, esto comprende el diseño y desarrollo de un sistema de inferencia difuso, una base de reglas difusas y base de hechos módulos de fuzzificación y defuzzificación y su posterior validación mediante un prototipo implementado en el Fuzzy Toolbox de Matlab.

Este Diagnostico lo realiza evaluando el nivel de gravedad de los síntomas y las pruebas adicionales presentados por el paciente con cancer de próstata y obteniendo al final el tratamiento mas optimo a seguir para el paciente.

1.9.2 APORTES

El aporte del presente trabajo se encuentra en el desarrollo del modelo de diagnostico mediante el uso de la logica difusa y su implementación en Fuzzy Toolbox de Matlab siendo esta una herramienta de fácil manejo y comprensión a la hora de evaluar los resultados, un sistema que tiene la facilidad de realizar cambios, mejoras, adecuaciones y adiciones ya sean de las variables o reglas hasta conseguir los resultados esperados, un sistema automatizado que sirva de herramienta practica, confiable y de facil manejo para la obtención de información, pronostico y diagnostico a quien lo solicite oportunamente.

1.10 METODOLOGIA

Los metodos y tecnicas utilizadas para alcanzar las metas propuestas en el desarrollo del presente proyecto son las siguientes:

METODO CIENTIFICO. La investigación científica es muy importante para poder resolver los problemas en el área de la salud aplicando diferentes principios y conceptos que clasifican la teoría a la práctica, entre estas tenemos la Observación, Experimentación y la Entrevista, nuestra investigación se desarrolla bajo el metodo científico.

MODELO DE DESARROLLO

El desarrollo del sistema experto seguirá el modelo por etapas siguiente:

ETAPA 1. DEFINICION DEL PROBLEMA A RESOLVER

El principal problema a resolver es desarrollar un sistema experto capaz de dar un diagnóstico y tratamiento confiable sobre el cáncer de próstata utilizando el modelado difuso, reglas de producción y la inferencia difusa.

ETAPA 2. BUSQUEDA DEL ESPECIALISTA MEDICO

Esta etapa contempla la búsqueda del especialista en cáncer de próstata. Encontrar al experto humano será una de las tareas más importantes para el desarrollo del sistema experto, pues será el quien provea toda la información necesaria para el desarrollo del sistema experto aportando su conocimiento y experiencia.

ETAPA 3. ANALISIS DEL SISTEMA EXPERTO

En esta etapa se realiza el análisis de toda la información recolectada y brindada por el especialista, se evalúan las variables y factores relacionadas con el cáncer de próstata para luego realizar el diseño y modelado correspondiente del sistema difuso. Para la búsqueda y recopilación de información adicional tenemos las siguientes técnicas:

- Entrevistas a especialista y pacientes.
- Investigación sobre los temas relacionados al cáncer de próstata.
- Lectura y revisión de información ofrecida por el especialista médico.

ETAPA 4. DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO

El etapa esta compuesto por el diseño y modelado de cada uno de sus componentes como ser: La construcción de la base de conocimientos utilizando reglas de producción, la base de hechos y el mecanismo de inferencia que utiliza lógica difusa.

ETAPA 5. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

Finalmente la implementación del sistema en un prototipo (Fuzzy Toolbox). El prototipo permite evaluar el funcionamiento del sistema experto con datos reales y compararlas con los resultados del especialista médico para poder realizar correcciones y/o mejoras posteriores.

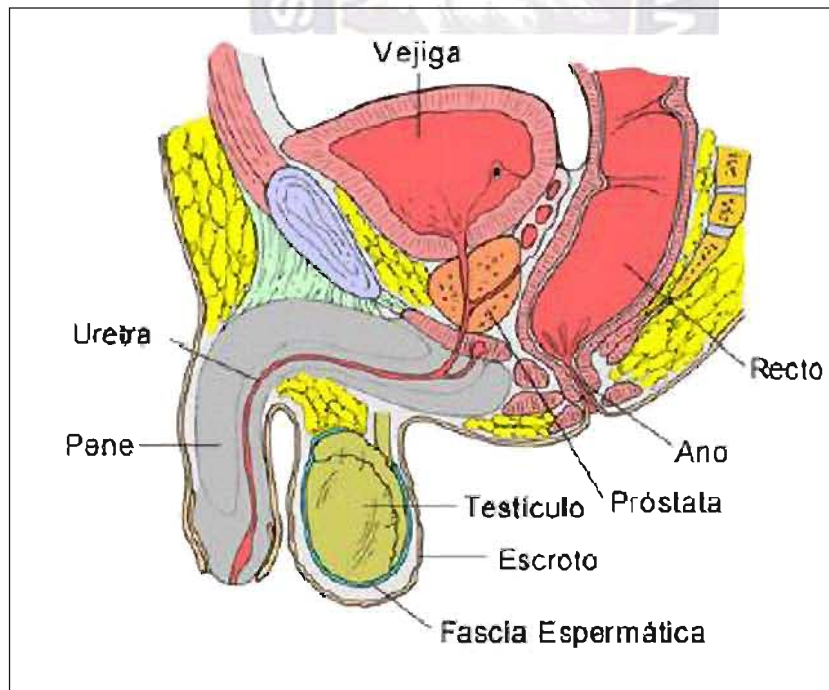
CAPITULO II

CANCER DE PROSTATA

2.1 LA PROSTATA

La próstata es una glándula (conjunto de células cuya finalidad es producir y liberar sustancias químicas utilizadas por el organismo) que existe únicamente en el varón. Es un órgano interno que se encuentra en la pelvis, situado detrás del pubis, delante del recto e inmediatamente por debajo de la vejiga de la orina. Envuelve y rodea la primera porción de la uretra (conducto que transporta la orina desde la vejiga al exterior), atravesando ésta en toda su longitud (uretra prostática). Estas características anatómicas hacen fácilmente entendible que todos aquellos cambios y procesos patológicos, tanto benignos como malignos, que se produzcan en esta glándula van a provocar alteraciones, más o menos notorios en cada persona.

FIGURA 2.1: Anatomía de la glándula prostática



Fuente: National Cancer Institute

La próstata constituye una parte del aparato reproductor, relacionándose íntimamente con otras estructuras del mismo como son los conductos deferentes y las vesículas seminales. Los conductos deferentes son unos tubos finos que van desde cada uno de los testículos hasta la uretra prostática, encargándose del transporte de los espermatozoides. Las vesículas seminales son unas estructuras con forma de saco que están por encima de la próstata y detrás de la vejiga. Las vesículas seminales y los conductos deferentes vacían sus secreciones (líquido seminal y espermatozoides) en la uretra prostática mediante un conducto común, llamado conducto eyaculador que atraviesa la próstata. De aquí saldrán al exterior junto con la secreción de la próstata (líquido prostático), constituyendo el semen.

2.2 ENFERMEDADES DE LA PRÓSTATA

Fundamentalmente, son tres los procesos patológicos que se pueden desarrollar en la próstata. Estos son:

- Hipertrofia Benigna de Próstata (HBP)
- Prostatitis aguda o crónica
- Cáncer de Próstata

Siendo este último el objeto principal de nuestro estudio y al cual dirigiremos nuestra atención de manera extensa.

2.3 EL CANCER DE PROSTATA

El cuerpo humano está constituido por células que se dividen periódicamente para remplazar a las ya envejecidas o muertas y así mantener la integridad de los diferentes órganos. Este proceso requiere un equilibrio que se encuentra regulado por mecanismos de control que indican a la célula cuando debe dividirse. Cuando estos mecanismos de control se alteran puede ocurrir una división incontrolada de células cuya consecuencia es la proliferación anormal de las mismas, dando lugar a un tumor.

Si las células que forman el tumor tienen la capacidad de invadir tejidos y órganos de alrededor (infiltración) o de trasladarse a otras partes del organismo (metástasis) se denomina cáncer o tumor maligno. Cuando esta proliferación anormal de células malignas sucede en la próstata nos encontramos ante el cáncer de próstata.

A pesar de no conocerse bien la causa que produce el cáncer de próstata, se sabe que su evolución es habitualmente, bastante lenta en el tiempo y que no se hace evidente en todos los varones que lo desarrollarán. De hecho se sabe que, aproximadamente un 30% de los hombres de más de 50 años presentan focos de tumor en la próstata y sin embargo, un 97% no fallecerá por dicho tumor, ya que éste ni se extenderá localmente ni se diseminará a otros órganos.

2.4 FACTORES DE RIESGO EN EL DESARROLLO DEL CÁNCER DE PRÓSTATA

La causa o causas exactas que producen el cáncer de próstata permanecen en parte desconocidas. Sin embargo parece haber evidencias que sugieren la existencia de determinados factores de riesgo genéticos y ambientales que desempeñarían un papel importante en su desarrollo y progresión.

Raza: El cáncer de próstata presenta grandes variaciones de incidencia según la raza del paciente, algunos estudios indican que tiene mayor incidencia en personas de raza negra y tiene un efecto mas disminuido en personas de raza blanca y personas indígenas o pertenecientes a alguna etnia.

Herencia: Se estima que un 10% de los casos de cáncer de próstata pueden presentar un componente hereditario. Diversos estudios han demostrado que aquellos varones con antecedentes familiares de primer grado (padre, hermanos) de cáncer de próstata presentarían un riesgo dos veces superior de padecer esta enfermedad.

Edad: El cáncer de próstata fundamentalmente es una enfermedad que afecta a los varones con edad avanzada, aumentando el riesgo de padecerla a medida que envejecemos. El 75% de los casos son personas mayores de 65 años, por esta razón diremos que es el factor de riesgo mas importante.

Hormonas: El inicio y la progresión del cáncer de próstata están influenciados por los andrógenos (testosterona), sabiéndose con certeza que regresan cuando se produce la castración y disminuyen los niveles de dicha hormona.

Dieta: Hay evidencia epidemiológica de que las dietas con alto contenido en grasas podrían aumentar el riesgo de cáncer de próstata, existe clara diferencia entre las personas que viven en oriente y occidente del hemisferio mundial, esto debido a la diferencia de dieta que tienen estas culturas.

2.5 SÍNTOMAS DEL CÁNCER DE PRÓSTATA

El cáncer de próstata como una gran parte de los tumores malignos, no va a causar ninguna sintomatología perceptible por el paciente en las fases iniciales de la enfermedad. En parte por que el porcentaje más importante de los mismos (70%) se desarrolla en la zona periférica que está lejos de la uretra, con lo que no alterará la micción y porque evolucionan lentamente. Normalmente, la sintomatología va a presentarse en etapas más avanzadas del proceso. El hecho de que las etapas más tempranas de la enfermedad carezcan frecuentemente de sintomatología, nos hace tener que insistir en la importancia que tiene el diagnóstico precoz del cáncer de próstata. Los síntomas locales que pueden presentarse en el cáncer de próstata son semejantes a los de la Hiperplasia Benigna de Próstata:

Entre estos síntomas tenemos:

- Pérdida involuntaria de la orina y urgencia miccional
- Aumento de la frecuencia de orinar.
- Nicturia (necesidad de levantarse a orinar durante el descanso nocturno).
- Disuria (micción dolorosa).
- Retardo en el inicio de la micción.
- Disminución de la fuerza del chorro miccional o intermitencia del mismo.
- Retención urinaria.
- Goteo post miccional.
- Sensación de vaciamiento incompleto de la vejiga.
- Emisión de orina o semen sanguinolentos.
- Disminución del volumen del semen eyaculado.
- Disfunción de la erección.

Existen algunos síntomas generales como son la pérdida de peso o apetito, dolor óseo en la pelvis y/o espalda, anemia, edemas (hinchazón) en los miembros inferiores e insuficiencia renal que suelen aparecer en los estadios avanzados de la enfermedad.

2.6 PRUEBAS DIAGNÓSTICAS EN EL CÁNCER DE PRÓSTATA

Generalmente, la secuencia de diagnóstico que el urólogo le va a recomendar será en primer lugar, tras un interrogatorio para conocer si presenta algún síntoma relacionado con la próstata, la realización de un tacto rectal y una determinación de los niveles de PSA (Antígeno

Prostático Específico). Si el resultado es normal, le recomendará que vuelva a una nueva revisión en un periodo de tiempo, que con frecuencia suele ser de un año. En el caso de existir anomalías en el tacto rectal o en el resultado del PSA, es muy probable que le aconseje someterse a una ecografía transrectal junto con la realización de unas biopsias de próstata para llegar a un diagnóstico que excluya o confirme la presencia de cáncer.

2.7 TACTO RECTAL

Es una exploración simple y sencilla de realizar para la que no se necesita ningún tipo de tecnología específica. Se lleva a cabo en la misma consulta del médico, permitiendo obtener al momento la información que proporciona dicha exploración. La proximidad anatómica de la próstata con el recto hace que sea fácilmente accesible a través del orificio anal.

2.8 ANTÍGENO PROSTÁTICO ESPECÍFICO (PSA)

El PSA es una proteína producida casi exclusivamente en la próstata que se segrega junto con el semen en altas concentraciones. Una pequeña cantidad de esta proteína pasa a la sangre. Actualmente con una pequeña muestra de sangre el analista va a poder determinar los niveles de PSA mediante un sencillo test de laboratorio. Es una prueba fácil de realizar a la vez que objetiva, ya que no depende de la interpretación del explorador como ocurre con el tacto rectal.

La determinación del PSA, hoy día, es la prueba diagnóstica objetiva de mayor ayuda para establecer la sospecha de cáncer de próstata, siendo la que posee el mayor valor predictivo de la enfermedad por sí misma. Los valores del PSA considerados como normales de forma general son aquellos que oscilan entre 0,0 y 4 ng/ml (nanogramos por mililitro). No obstante, estos valores normales pueden variar en ausencia de cáncer, simplemente por razones de edad y volumen prostático. A más edad y mayor volumen prostático pueden aparecer

2.9 ECOGRAFÍA TRANSRECTAL

Es una prueba que permite visualizar la próstata y las vesículas seminales mediante el empleo de sonidos de alta frecuencia (ultrasonidos), habitualmente la realiza el radiólogo o el urólogo. Se lleva a cabo introduciendo una sonda emisora de ultrasonidos a través del ano. Esta sonda es redonda y alargada con un diámetro aproximado de 1,5-2 cm. Recoge los ecos (ondas

de ultrasonido rebotadas al llegar a los tejidos) y mediante la transformación de estos en señales eléctricas son convertidos en imágenes que se visualizan en un monitor.

Evalúa el tamaño real de la próstata, su volumen aproximado, así como el aspecto de su estructura. Permite detectar algunos tumores situados en el interior de la próstata, que serían inaccesibles al tacto rectal, así como examinar el estado de las vesículas seminales y su posible afectación en el proceso canceroso.

2.10 BIOPSIAS DE PRÓSTATA

Constituyen la prueba determinante en el diagnóstico del cáncer de próstata. Consiste en la obtención de muestras de tejido prostático que serán enviadas al patólogo (especialista que analiza y estudia los tejidos), quien tras analizar con el microscopio las muestras, emite el diagnóstico confirmando si están o no afectadas por cáncer.

Normalmente, se obtienen varias muestras de tejido que corresponden a diferentes áreas de la próstata. Requiere una preparación previa que consiste en la administración de antibióticos de amplio espectro antes de su realización para evitar infecciones.

2.11 TAC TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA

Es una prueba radiológica que mediante el empleo de Rayos-X y un sofisticado equipo permite la obtención de imágenes bastante precisas de la zona del cuerpo explorada, en el caso de la próstata, la utilidad fundamental es determinar si el cáncer ha sobrepasado los límites de la glándula prostática, afectando a las vesículas seminales o si ha invadido los ganglios linfáticos relacionados con la próstata. Es una exploración absolutamente indolora que, con cierta frecuencia, precisa una inyección intravenosa de contraste.

2.12 RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RMN)

Imagen obtenida por una computadora que emplea un imán de gran potencia, en la que se puede observar la próstata y otras partes vecinas del cuerpo. Esta prueba sirve para determinar si el cancer ha sobrepasado la próstata y ha invadido organos adyacentes como ser los nervios periprostáticos, las vesículas seminales, los ganglios linfáticos, etc.

2.13 Gammagrafía ósea

Es una exploración muy sensible para determinar la existencia de metástasis óseas, es decir, implantación de tejido tumoral en los huesos, por lo que el cáncer de próstata tiene particular afinidad. Se lleva a cabo mediante la inyección intravenosa de una sustancia radioactiva (radiotrazador o isótopo) que se va a fijar en los huesos posteriormente con un lector de radiactividad se puede reconocer y localizar la presencia de focos de metástasis. Al igual que las anteriores no supone ninguna experiencia dolorosa.

2.14 Índice de Gleason

Este índice valora el aspecto y distribución que las glándulas tumorales presentan al microscopio. Distingue varios tipos (grados o patrones de Gleason) clasificándolos en 5 categorías diferentes de menor a mayor agresividad. Estas se expresan con números del uno al cinco, correspondiendo el 1 a los tumores menos agresivos y el 5 para los más agresivos debido a que las células dentro del mismo cáncer de próstata no siempre son del mismo grado, actualmente, se identifican los dos patrones más predominantes y se suman, obteniendo lo que se conoce como suma de Gleason o "score" de Gleason. Este oscila entre 2 (1+1), el mínimo y menos agresivo y 10 (5+5) el más agresivo. Hasta el grado 6 se consideran los tumores menos agresivos, del 8 hasta el 10 se incluyen los más agresivos y el tumor de grado 7 se considera de agresividad intermedia.

2.15 Estadios en el cáncer de próstata

Cuando se confirma la existencia de un cáncer de próstata, cada caso se puede encontrar en distintas etapas evolutivas, pudiendo hallarse ésta en su inicio o en fases más avanzadas. Además las células que componen el tumor no tienen el mismo comportamiento de agresividad en todos los casos, esta situación determina que el pronóstico en cada paciente sea diferente, y por consiguiente las propuestas de tratamiento pueden variar de unos casos a otros.

Existen unas clasificaciones de los estadios de la enfermedad y de los grados de agresividad tumoral, que tienen la finalidad de poder agrupar en categorías diferentes los cánceres, para permitir un lenguaje común entre los especialistas y establecer un pronóstico y tratamiento en cada caso.

Actualmente, la más utilizada es una clasificación llamada TNM que valora la cantidad de tejido prostático afectado (T), la extensión de la enfermedad a los ganglios linfáticos (N) y la presencia o ausencia de metástasis (M). La agresividad de las células tumorales se clasifica mediante un sistema denominado "Gleason", que determina distintas categorías de agresividad de las células.

2.16 ESTADIFICACION SISTEMA TNM

El sistema TNM del Comité Conjunto Americano sobre Cancer (AJCC) es el más usado en la actualidad para valorar la propagación del cáncer, con fines pronósticos y terapéuticos.

T. Extensión del tumor primario:

T1. No se palpa el tumor mediante tacto rectal.

T1a < 5% del tejido extirpado incidentalmente (por resección transuretral por HBP) es canceroso.

T1b > 5% del tejido extirpado incidentalmente (por resección transuretral por HBP) es canceroso.

T1c Resultado de biopsia con aguja fina, por incremento de APE se sugería cáncer.

T2 Se palpa el tumor pero dentro de la glándula.

T2a En un lado.

T2b En ambos lados.

T3a Se propaga fuera de la próstata al tejido conectivo peri prostático.

T3b Además, se propaga a vesículas seminales.

T4 Propagación a tejidos adyacentes que no sean las vesículas seminales: Esfínter externo de la vejiga, recto, pared de la pelvis.

N Propagación a órganos linfáticos (ganglios linfáticos loco- regionales)

No Ausencia

N1-3 Presencia.

M Propagación a órganos distantes: otros ganglios linfáticos, hueso (predominio de lesiones osteoblásticas localizadas en pelvis, columna lumbar, vértebras dorsales, costillas, por diseminación hematológica por la venas vertebrales o diseminación linfática), pulmón (afectación pulmonar difusa en menos del 6% de pacientes) hígado, suprarrenal y cerebro, principalmente.

Mo Ausencia.

AGRUPACIÓN POR ETAPAS AJCC (incluye grado histopatológico)

Etapa I

- T1a, No, Mo, G1

Etapa II

- T1a, No, Mo, G2, 3-4
- T1b, No, Mo, cualquier G
- T1c, No, Mo, cualquier G
- T1, No, Mo, cualquier G
- T2, No, Mo, cualquier G.

Etapa III

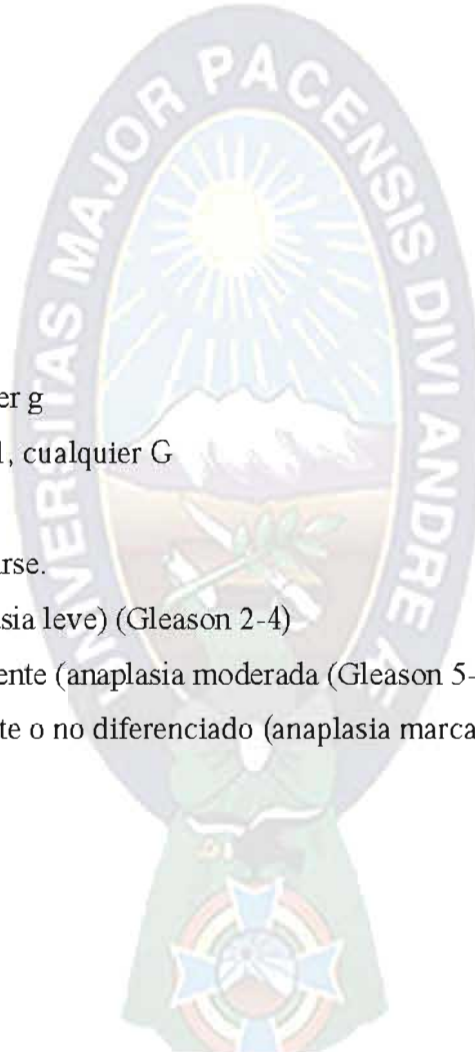
- T3, No, Mo, cualquier G

Etapa IV

- T4, No, Mo, cualquier G
- Cualquier t, N1, Mo, Cualquier g
- Cualquier T, Cualquier N, M1, cualquier G

Grado histopatológico (G)

- GX; el grado no puede evaluarse.
- G1; bien diferenciado (anaplasia leve) (Gleason 2-4)
- G2; diferenciado moderadamente (anaplasia moderada (Gleason 5-6)
- G3-4; diferenciado pobremente o no diferenciado (anaplasia marcada) (Gleason 7.10).



2.17 TRATAMIENTOS DEL CANCER

El tratamiento del cancer de próstata viene directamente después del diagnóstico de la etapa en la que se encuentra el cancer, es por esta razón la necesidad de una buena estadificación para luego dar un tratamiento adecuado al paciente.

TABLA 1.1: Tratamiento del cancer

<i>TRATAMIENTO POR ETAPAS</i>			
<i>ETAPA I</i>	<i>ETAPA II</i>	<i>ETAPA III</i>	<i>ETAPA IV</i>
TRATAMIENTO: Espera Vigilante (Obs.) Prostatectomía Radical Radioterapia Local	TRATAMIENTO: Prostatectomía Radical Terapia hormonal Braquiterapia Radioterapia Local	TRATAMIENTO: Prostatectomía radical Terapia Hormonal Orquiectomía Radioterapia	TRATAMIENTO: Terapia Hormonal Orquiectomía Radioterapia Quimioterapia

Fuente: National Cancer Institute

El cáncer de próstata puede tratarse usando uno o más de los métodos siguientes dependiendo de la etapa en se encuentre la enfermedad.

2.17.1 PROSTATECTOMÍA

La prostatectomía es la extirpación quirúrgica de la próstata, una operación realizada por un urólogo. Una prostatectomía radical puede llevarse a cabo para extirpar la próstata y las áreas cercanas a las que se haya difundido el cáncer. Este tipo de cirugía puede ayudar a prevenir la difusión posterior del cáncer.

Si el tumor es pequeño y no se ha difundido fuera de la próstata, la cirugía puede ser el tratamiento óptimo de la enfermedad. Sin embargo, la extirpación quirúrgica completa de la próstata no es común cuando el cáncer se ha difundido a los ganglios linfáticos u otros sitios.

2.17.2 RESECCIÓN TRANSURETRAL DE LA PRÓSTATA

Una resección transuretral de la próstata es otro tipo de cirugía prostática. Se usa a veces en hombres con cáncer de próstata que no pueden ser sometidos a una prostatectomía radical

debido a su edad avanzada o a una enfermedad grave (aparte del cáncer). También se usa para tratar los síntomas de la hiperplasia prostática benigna (HPB).

2.17.3 RADIOTERAPIA

La radioterapia usa rayos de alta energía para destruir las células del cáncer de próstata reducir los tumores y evitar que las células de cáncer se dividan y difundan. Es difícil dirigir estos rayos solamente a las células de cáncer. Como resultado, pueden dañarse tanto las células cancerosas como las sanas de los alrededores. La radioterapia no se administra de una sola vez; normalmente se da en dosis limitadas separadas por un cierto tiempo. Esto permite, potencialmente, que las células sanas se recobren y sobrevivan, mientras que las de cáncer finalmente mueren.

2.17.4 BRAQUITERAPIA

En la braquiterapia (algunas veces llamada radioterapia intersticial o “semillas radiactivas”), la radiación proviene de semillas radiactivas pequeñísimas insertadas directamente dentro de la próstata. Se usa equipo especializado para observar el tumor de modo que el cirujano pueda colocar las semillas correctamente.

Las semillas se insertan dentro del tumor mediante un procedimiento quirúrgico simple bajo alguna forma de anestesia, de modo que la braquiterapia normalmente se realiza como un procedimiento para pacientes ambulatorios. Las semillas son demasiado pequeñas para que el paciente las sienta y no causan ninguna molestia.

2.17.5 QUIMIOTERAPIA

La quimioterapia se refiere al uso de fármacos potentes y tóxicos para atacar a las células de cáncer y generalmente es administrada por el *oncólogo*. Los medicamentos circulan por todo el cuerpo en la sangre y pueden destruir rápidamente las células incluidas las células sanas. Los fármacos quimioterapéuticos se controlan cuidadosamente en cuanto a la dosis y la frecuencia de administración, de modo de destruir las células cancerosas pero reducir al mínimo el riesgo para las células sanas.

2.17.6 CRIOTERAPIA

La crioterapia, también llamada criocirugía es un procedimiento en el cual el tumor se congela, se deja descongelar y se vuelve a congelar. En la crioterapia, se introduce una sonda a través de una pequeña incisión practicada en el perineo. Para guiar la sonda dentro de la próstata donde congelará el tumor y los tejidos circundantes, se obtienen imágenes usando una ecografía, la crioterapia destruye las células de cáncer así como algunas células sanas vecinas.

2.17.7 TERAPIA HORMONAL

La estrategia primaria de la terapia hormonal consiste en reducir la producción de testosterona por parte de los testículos o bloquear las acciones de la testosterona sobre las células prostáticas. La terapia hormonal no puede curar el cáncer de próstata. En vez de ello logra un crecimiento más lento del cáncer y reduce el tamaño de los tumores. Los tipos de tratamiento hormonal que pueden usarse en el cáncer de próstata son la orquiectomía y la terapia con fármacos hormonales.

2.17.8 ORQUIECTOMÍA

La orquiectomía, o castración quirúrgica, es la extirpación de los testículos, que producen alrededor del 95% de la testosterona corporal. Como los testículos son la fuente principal de testosterona en el organismo, este procedimiento es una forma de terapia hormonal, la meta de una orquiectomía consiste en privar de testosterona a las células cancerosas, causando que el cáncer se reduzca e impidiendo el crecimiento posterior del tumor. La castración quirúrgica generalmente se reserva para pacientes con cáncer de próstata metastásico avanzado con respuesta a hormonas, y que no escogen la castración médica.

2.17.9 TERAPIA CON FARMACOS HORMONALES

Consiste en el uso de hormonas para detener el crecimiento de las células cancerosas. La terapia hormonal para el cáncer de la próstata puede tomar varias formas. Las hormonas masculinas (especialmente la testosterona) pueden contribuir al crecimiento del cáncer de la próstata. Para detener el crecimiento del cáncer, se pueden administrar hormonas femeninas o unos medicamentos llamados agonistas LHRH que reducen la cantidad de hormonas masculinas.

2.17.10 ESPERA VIGILANTE (TERAPIA DE ESPERA)

Si el cáncer no provoca ningún síntoma, crece muy lentamente y es muy pequeño confinado en una pequeña área de la próstata, puede ser recomendado mantener una conducta expectante. En determinadas circunstancias ésta puede ser la mejor opción. Este tipo de tratamiento se reserva generalmente a varones mayores de 80 años. Debido a que el cáncer de próstata a menudo crece muy despacio, si el paciente es mayor o padece otras enfermedades graves, no es necesario tratar el cáncer de próstata.



CAPITULO III

SISTEMA EXPERTOS DIFUSOS

3.1 LOGICA DIFUSA

“Cuando la complejidad de un problema crece, la posibilidad de analizarlo en términos precisos disminuye” (L. Zadeh).

La lógica difusa nace en 1965 a partir de la publicación del artículo “Fuzzy sets” escrito por Lotfi Zadeh en la Universidad de California en Berkeley para la revista “Information and control”. En contraste con la lógica convencional que utiliza conceptos absolutos para referirse a la realidad, la lógica difusa define los conceptos en grados variables de pertenencia, siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano.

La lógica difusa ha cobrado una fama grande por la variedad de sus aplicaciones, las cuáles van desde el control de complejos procesos industriales, hasta el diseño de dispositivos de control de artefactos electrónicos de uso doméstico y entretenimiento, así como también en sistemas de diagnóstico.

La lógica difusa es esencialmente una lógica multivaluada que es una extensión a la lógica clásica. Estas últimas imponen a sus enunciados únicamente valores de falso o verdadero, sin embargo gran parte del razonamiento humano no son tan “deterministas”. Lo difuso puede entenderse como la posibilidad de asignar más valores de verdad a los enunciados clásicos de “falso” y “verdadero”.

La lógica difusa, como su nombre indica, es una lógica alternativa a la lógica clásica que pretende introducir un grado de vaguedad en las cosas que califica. En el mundo real existe mucho conocimiento no perfecto, es decir, conocimiento vago, impreciso, incierto, ambiguo, inexacto, o probabilístico por naturaleza. El razonamiento y pensamiento humano frecuentemente conlleva información de este tipo, probablemente originada de la inexactitud inherente de los conceptos humanos y del razonamiento basado en experiencias similares pero no idénticas a experiencias anteriores.

El problema principal surge de la poca capacidad de expresión de la lógica clásica supongamos por ejemplo que tenemos un conjunto de personas que intentamos agrupar según su altura, clasificándolas en *altas* o *bajas*. La solución que presenta la lógica clásica es definir un umbral de pertenencia (por ejemplo, un valor que todo el mundo considera que de ser

alcanzado o superado, la persona en cuestión puede llamarse *alta*). Si dicho umbral es 1.80, todas las personas que midan 1.80 o más serán *altas*, mientras que las otras serán *bajas*. Según esta manera de pensar, alguien que mida 1.79 será tratado igual que otro que mida 1.50, ya que ambos han merecido el calificativo de *bajas*. Sin embargo, si dispusiéramos de una herramienta para caracterizar las alturas de forma que las transiciones fueran suaves, estaríamos reproduciendo la realidad mucho más fielmente. Asimismo, no hay un valor cuantitativo que defina el término joven. Para alguna gente, 25 años es joven, mientras que para otros, 35 es joven. Incluso el concepto puede ser relativo al contexto. Un presidente de gobierno o de 35 años es joven, mientras que un futbolista no lo es. Hay sin embargo cosas que están claras: una persona de 1 año es joven, mientras que una de 100 años no lo es. Pero una persona de 35 años tiene algunas posibilidades de ser joven (que normalmente dependen del contexto). Para representar este hecho, definiremos el conjunto joven de modo que cada uno de sus elementos pertenezca a él con cierto grado (posibilidad). De un modo más formal, un conjunto difuso A se caracteriza por una función de pertenencia:

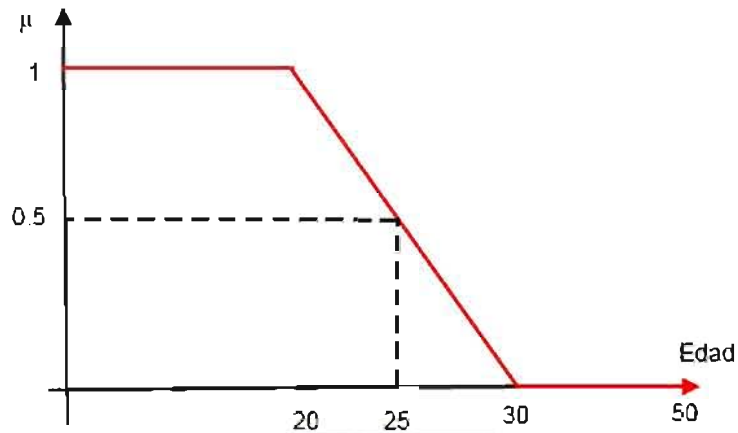
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$$

Que asocia a cada elemento x de U un número $\mu_A(x)$ del intervalo [0,1], que representa el grado de pertenencia de x al conjunto difuso A. A U se le llama *universo de discurso*. Por ejemplo, el término difuso *joven* puede definirse mediante el conjunto difuso siguiente:

Edad	Grado de Pertenencia
≤ 25	1.0
30	0.8
35	0.6
40	0.4
45	0.2
≥ 50	0

Es decir, la función de pertenencia del conjunto difuso *joven* viene dada por:

$$\mu_A(x) = 1 \text{ si } x \leq 25, \mu_A(30) = 0.8, \dots, \mu_A(x) = 0 \text{ si } x \geq 50.$$



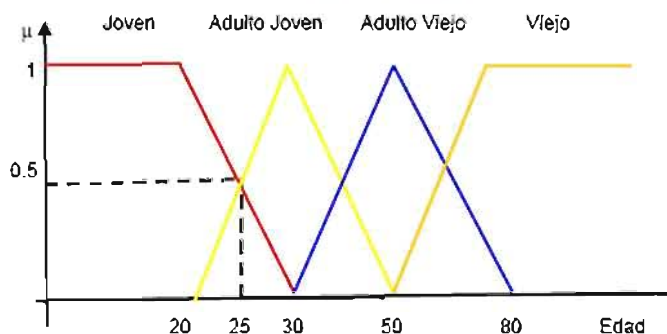
En general, si una función de pertenencia se da especificando los valores correspondientes a un conjunto discreto de elementos del universo de discurso, el valor asociado al resto de los elementos se obtiene por interpolación.

La lógica difusa actualmente está relacionada y fundamentada en la teoría de los conjuntos difusos. Según esta teoría, el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto va a venir determinado por una función de pertenencia, que puede tomar todos los valores reales, comprendidos en el intervalo $[0, 1]$.

La palabra difuso puede ser definido como: borroso, impreciso, confuso ó vago. Los sistemas difusos son sistemas basados en conocimientos representados en forma de reglas el corazón de los sistemas difusos consiste en bases de conocimientos de las llamadas reglas difusas SI – ENTONCES.

3.2 CONJUNTOS DIFUSOS

Un conjunto difuso en un universo de discurso o conjunto universal U es caracterizado por una función de pertenencia $\mu_A(x)$ que puede tomar todos los valores reales, comprendidos en el intervalo $[0, 1]$.



3.3 VARIABLES LINGÜÍSTICAS

En la vida cotidiana se utilizan palabras para describir variables, por ejemplo cuando se dice “hoy hace calor” es equivalente a decir la temperatura actual es alta, se utiliza la palabra alta, para describir la temperatura actual, esto es, la variable temperatura actual toma la palabra alta como su valor, que también puede tomar algún número por ejemplo 28°C.

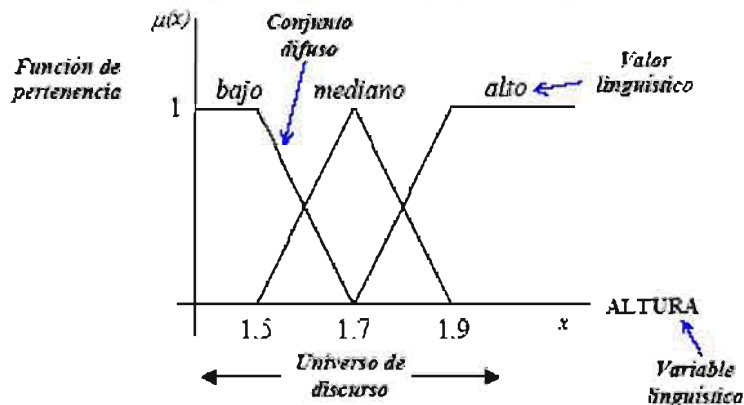
Cuando una variable toma números como sus valores, se tiene un marco de trabajo bien formulado matemáticamente, pero cuando una variable toma palabras como sus valores no se tiene un marco de trabajo formal matemáticamente, de aquí que el concepto de variable lingüística se introduce, si una variable puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores, esta es llamada variable lingüística.

Ej.: “temperatura”:

Valores lingüísticos: Muy Frio, Frio, Templado, Caliente, Muy Caliente.

3.4 UNIVERSO DE DISCURSO

Es al rango de valores que pueden tomar los elementos que poseen la propiedad expresada por la variable lingüística. En el caso de la variable lingüística “altura de una persona normal”, sería el conjunto de valores comprendido entre 1.4 y 2.3 m.

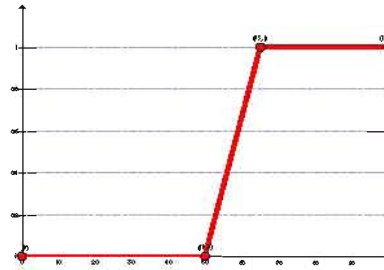


3.5 FUNCIONES DE PERTENENCIA

Aunque en principio cualquier función sería válida para definir conjuntos difusos, en la práctica hay ciertas funciones típicas que siempre se suelen usar, tanto por la facilidad de computación que su uso conlleva como por su estructura lógica para definir su valor lingüístico asociado. Las funciones más comunes son:

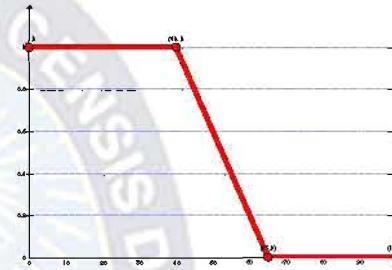
Funcion Gamma

$\mu(x)$	0	si $x \leq a$
	$(x-a)/(m-a)$	si $x \in (a,m)$
	1	si $x \geq m$



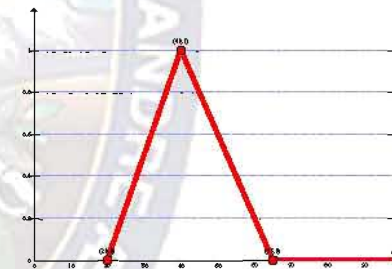
Funcion L

$\mu(x)$	1	si $x \leq a$
	$(a-x)/(m-a)$	si $x \in (a,m)$
	0	si $x \geq m$



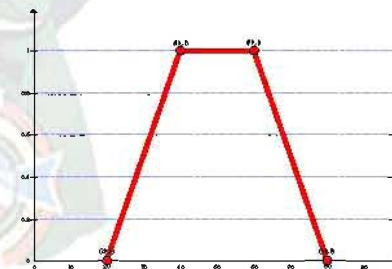
Funcion Lambda o Triangular

$\mu(x)$	0	si $x \leq a$ o $x \geq b$
	$(x-a)/(m-a)$	si $x \in (a,m)$
	$(b-x)/(b-m)$	si $x \in (m,b)$



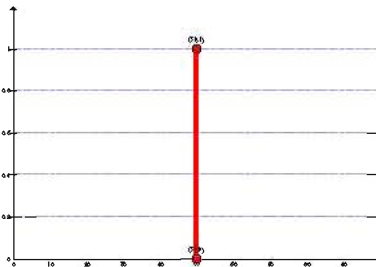
Funcion Trapezoidal

$\mu(x)$	0	si $x \leq a$ o $x \geq d$
	$(x-a)/(b-a)$	si $x \in (a,b)$
	$(d-x)/(b-c)$	si $x \in (c,d)$
	1	si $x \in (b,c)$



Funcion Singleton

$\mu(x)$	0	si $x = a$
	1	si $x \neq a$



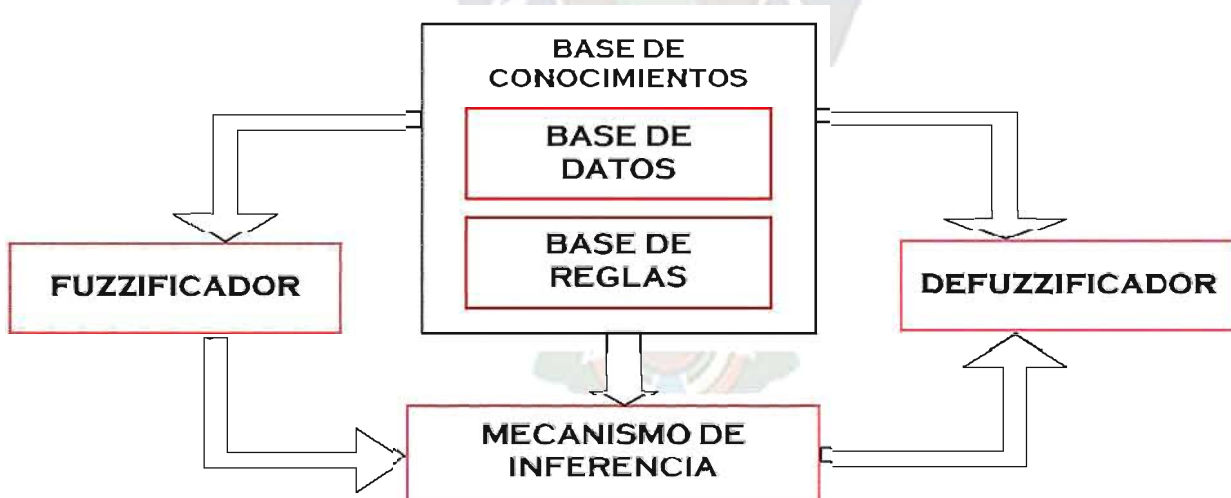
3.6 SISTEMAS EXPERTOS DIFUSOS

El sistema de inferencia difusa es una estructura computacional muy popular basada en los conceptos de la teoría difusa, en reglas del tipo si-entonces y en métodos de inferencia difusa. Los sistemas de inferencia difusa, actualmente han encontrado diversas aplicaciones exitosas dentro de una gran variedad de áreas tales como el control automático, la clasificación de datos, el análisis de decisiones, los sistemas expertos, la predicción de series de tiempo, la robótica y en el reconocimiento de patrones. A causa de su naturaleza multidisciplinaria, los sistemas de inferencia difusa son conocidos como sistemas experto difusos, modelos difusos, controladores lógicos difusos o simplemente como sistemas difusos.

3.7 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS DIFUSOS

Motivado por Zadeh y validado por Mamdani, el uso de los sistemas difusos han sido aplicados en una gran variedad de áreas tales como el control automático, el procesamiento digital de señales, las comunicaciones, los sistemas expertos de diagnostico medico.

FIGURA 3.1: Arquitectura de un sistema experto difuso



3.8 FUZZIFICACIÓN

El proceso de la fuzzificación consiste en una transformación de un dato o de un conjunto clásico a su correspondiente conjunto difuso. El primer paso que debe realizar el sistema difuso es pasar la variable medida al mundo difuso, para que pueda ser utilizado por las siguientes etapas. Esto se hace utilizando funciones de pertenencia de conjuntos difusos predefinidos. Por cada variable de entrada al sistema esta etapa determina su grado de pertenencia a algún conjunto difuso, a partir de la función de pertenencia del conjunto.

3.9 MECANISMO DE INFERENCIA

Este modulo constituye el “motor” del sistema, puesto que aquí es donde se define la lógica que debe realizar para procesar adecuadamente las reglas. La entrada a esta etapa es el grado de pertenencia de las variables de entrada a algún conjunto difuso. A partir de estos datos se evalúan un conjunto de reglas, como se describió anteriormente, para obtener un resultado. A partir del grado de activación de la condición *if* se obtiene el grado de activación de la conclusión.

A partir de este resultado se obtiene una función de pertenencia para la salida, similar a las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos. Esta función de pertenencia depende de las funciones de pertenencia de los conjuntos que definen la regla que aplica.

La teoría de conjuntos difusos se puede utilizar para representar expresiones lingüísticas que describen conjuntos, siendo capaces los conjuntos difusos de captar la vaguedad e imprecisión lingüísticas, característica inherente a la inteligencia humana. Para ello entra en juego el concepto de variable lingüística, que es aquella variable cuyos valores son etiquetas lingüísticas definidas sobre un universo de discurso [10].

Para obtener un resultado lógico a partir de una serie de antecedentes es necesario seguir un proceso de razonamiento. El razonamiento lógico se basa, generalmente, en una serie de proposiciones condicionales (nuestras reglas) y de observaciones presentes (las premisas). En el razonamiento aproximado se trata de reproducir los esquemas mentales del cerebro en el proceso de razonamiento. Es una extensión de los sistema clásicos de inferencia en lógica binaria (silogismo clásico), para seguir un proceso de razonamiento difuso se necesitan una serie de reglas de inferencia, que se expresan por medio de reglas IF-THEN difusas.

3.10 DEFUZZIFICACION

Los problemas basados en conjuntos difusos se originan de la utilización de calificaciones lingüísticas. Luego de formar los conjuntos difusos correspondientes a un determinado problema es necesario obtener una respuesta de estos. En muchos casos es importante que esta respuesta no sea difusa y se debe pasar de una respuesta difusa a una que no lo es. Para lograr esto se ha desarrollado el concepto de Defuzzificación. Se han propuesto varios métodos para lograr esta transformación, algunos de ellos se explican a continuación. El método debe ser escogido de acuerdo con la aplicación que se desea hacer.

MÉTODO DEL MÁXIMO

Se elige como valor para la variable de salida aquel para el cual la función característica del conjunto difuso de salida sea máxima. En general no es un método óptimo por lo que no es muy usado.

CENTROIDE DE ÁREA (COA)

Este método consiste en hallar para cada conjunto difuso su área y la ubicación del centroide de área. El valor desfuzzificado es el resultado del cociente entre el producto entre las sumatoria de los productos de las áreas y sus centroides, y la sumatoria de las áreas



$$B^* = \frac{\int y \cdot \mu_{B'}(y) dy}{\int \mu_{B'}(y) dy}$$

MÉTODO DE LA ALTURA

Se calcula el centro de gravedad del conjunto difuso de salida de cada regla y a continuación se calcula la media ponderada, siendo ésta la salida del sistema.

$$B^* = \frac{\sum_{k=1}^m c^{(k)} \cdot \mu_{B^{(k)}}(c^{(k)})}{\sum_{k=1}^m \mu_{B^{(k)}}(c^{(k)})}$$

3.11 METODOS DE RAZONAMIENTO DIFUSO

Los métodos de razonamiento difuso se pueden clasificar en:

Métodos directos:

- Método directo de Mamdani.
- Modelado difuso de Takagi & Sugeno.
- Método simplificado.

Métodos indirectos:

De igual modo en que en la lógica clásica el razonamiento se basaba en el modus ponens y en el modus tollens, en la lógica difusa el razonamiento se basa en el modus ponens generalizado o modus ponens difuso, los cuales se describen a continuación:

TABLA 3.1: Metodos de inferencia

Modus Ponens:	
Premisa 1: $A \sqcap B$	Premisa 1: IF x es A THEN y es B
Premisa 2: A	Premisa 2: x es A
Consecuencia: B	Consecuencia: y es B
Modus Tollens:	
Premisa 1: $A \sqcap B$	Premisa 1: IF x es A THEN y es B
Premisa 2: $\neg B$	Premisa 2: y es $\neg B$
Consecuencia: $\neg A$	Consecuencia: x es $\neg A$
Modus Ponens Generalizado:	
Premisa 1: $A \sqcap B$	Premisa 1: IF x es A THEN y es B
Premisa 2: A'	Premisa 2: x es A'
Consecuencia: B'	Consecuencia: y es B'

Siendo A, B, A' y B' conjuntos difusos. La novedad en el modus ponens generalizado es que los conjuntos en los que x toma valores pueden ser distintos en las dos premisas.

3.12 METODO MAMDANI

El metodo Mamdani llamado tambien "Difuso Puro", Sus reglas difusas son del tipo:

Si x_1 es A_1 y x_2 es A_2 y ... y x_n es A_n ENTONCES y es B

Utiliza reglas difusas para obtener la respuesta del sistema difuso ante una determinada entrada. Hay dos formas de realizar este proceso:

1. Inferencia basada en reglas individuales: Aplicar la entrada a la primera regla, a la segunda y así sucesivamente. Posteriormente las salidas de las reglas se unen para obtener una única salida.

2. Inferencia basada en la composición: Calcular la relación difusa que representa el significado de toda la base de reglas para aplicar la entrada a esa relación difusa global.

3.13 METODO TAKAGI-SUGENO

Donde las reglas son del tipo:

Si x_1 es A_1 y x_2 es A_2 y ... y x_n es A_n ENTONCES $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Normalmente $f(x_1, \dots, x_n) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n$

El antecedente se procesa igual que el de las reglas tipo Mamdani, para una entrada específica, el resultado de disparar una regla es un valor nítido finalmente los valores nítidos obtenidos al dispararse distintas reglas se combinan para obtener una única salida.

CAP. IV

DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

4.1 INTRODUCCION

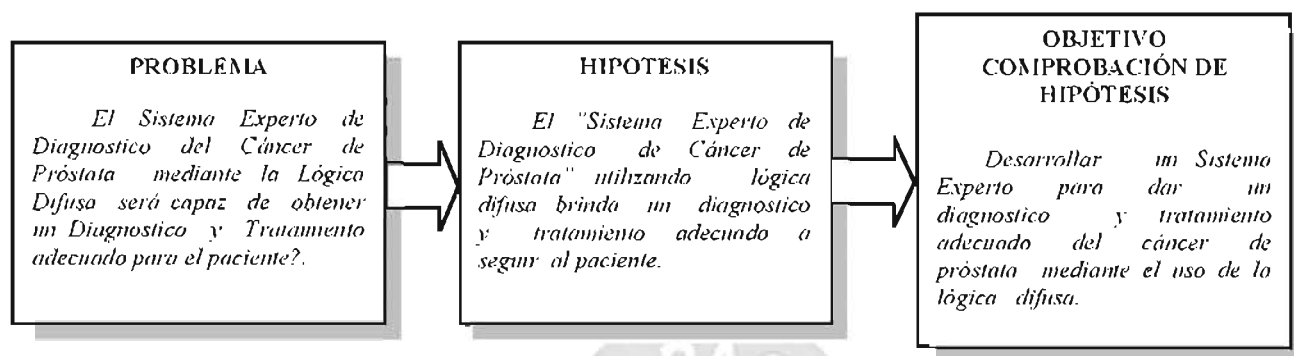
El desarrollo de un sistema experto difuso exige una metodología a seguir de manera que los resultados esperados sean los deseados y se pueda demostrar la hipótesis establecida, esta metodología se deberá adecuar al problema que se esta tratando de resolver como es el diagnostico del cáncer de próstata, las etapas que sigue esta metodología de desarrollo utiliza herramientas técnicas y científicas que son utilizadas según la característica del problema que se desea resolver.

4.2 EL MÉTODO CIENTIFICO

La metodología de investigación que se adopto para el proceso de investigación es el método científico, para la obtención de información se utilizan tecnicas y metodologías de acuerdo la etapa desarrollada, entre estas tecnicas tenemos la formulacion de preguntas y cuestionarios sobre el tema de investigación obteniendo la base de lo que constituye el analisis de requerimientos que es fundamental para estructurar un marco ambiental de trabajo, la tecnica de la observación es empleada para ver el desarrollo de los procesos involucrados en el problema. Entre los metodos de adquisición del conocimiento tenemos el método del conocimiento empírico que se lo obtiene a través del proceso de observación, tambien estan el metodo teorico, el metodo inductivo y el metodo experimental identificando los requerimientos que se necesitan para operar el tema de estudio. Con estos procesos se establece las variables que van a intervenir en la búsqueda de solución del problema

La clasificación del método por su finalidad será utilizada en el presente trabajo pues el principal objetivo de la presente tesis es el de desarrollar un sistema experto capaz de dar un diagnostico adecuado y confiable sobre el cancer de próstata, para esto utiliza herramientas como ser la logica difusa, metodos de inferencia difusa y software de desarrollo de prototipos.

FIGURA 4.1 Esquema del método científico por su finalidad



Fuente: Elaboración Propia

4.3 ETAPAS DE DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

Las etapas del desarrollo del sistema experto son :

4.3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

El principal problema a resolver es el de obtener un Diagnostico y Tratamiento adecuado para el paciente con Cáncer de Próstata mediante un Sistema Experto basado en Logica Difusa. La comprobación de la hipótesis se reduce a desarrollar un sistema experto difuso que brinde un diagnostico y tratamiento adecuado del cancer de próstata, las etapas que comprende este desarrollo del modelo difuso son las siguientes:

4.3.2 ANALISIS DEL SISTEMA EXPERTO

En esta parte se realiza un estudio y analisis completo de los factores asociados al cancer de próstata como ser: Identificar las variables, evaluar los grados de incidencia de la variable con la enfermedad e identificar las variables de entrada y salida.

4.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO

El diseño del sistema experto esta compuesto por el diseño de cada uno de sus componentes, la construcción de la base de conocimiento utilizando reglas de producción difusas se definen los conjuntos difusos y sus funciones de pertenencia, se define la metodología de inferencia difusa a usarse.

4.3.4 ELECCION DEL SOFTWARE

El software para el desarrollo del prototipo del sistema experto elegido es el Fuzzy Toolbox de la version Matlab 7.0, este modulo de logica difusa de Matlab tiene prestaciones y características que son muy necesarias y utiles a la hora de desarrollar prototipos rapidos de sistemas expertos difusos como ser: interfaces graficas de facil manipulaci3n, un visualizador grafico de la inferencia difusa con el estado de las reglas y sus variables, etc.

4.3.5 CONSTRUCCI3N DEL PROTOTIPO

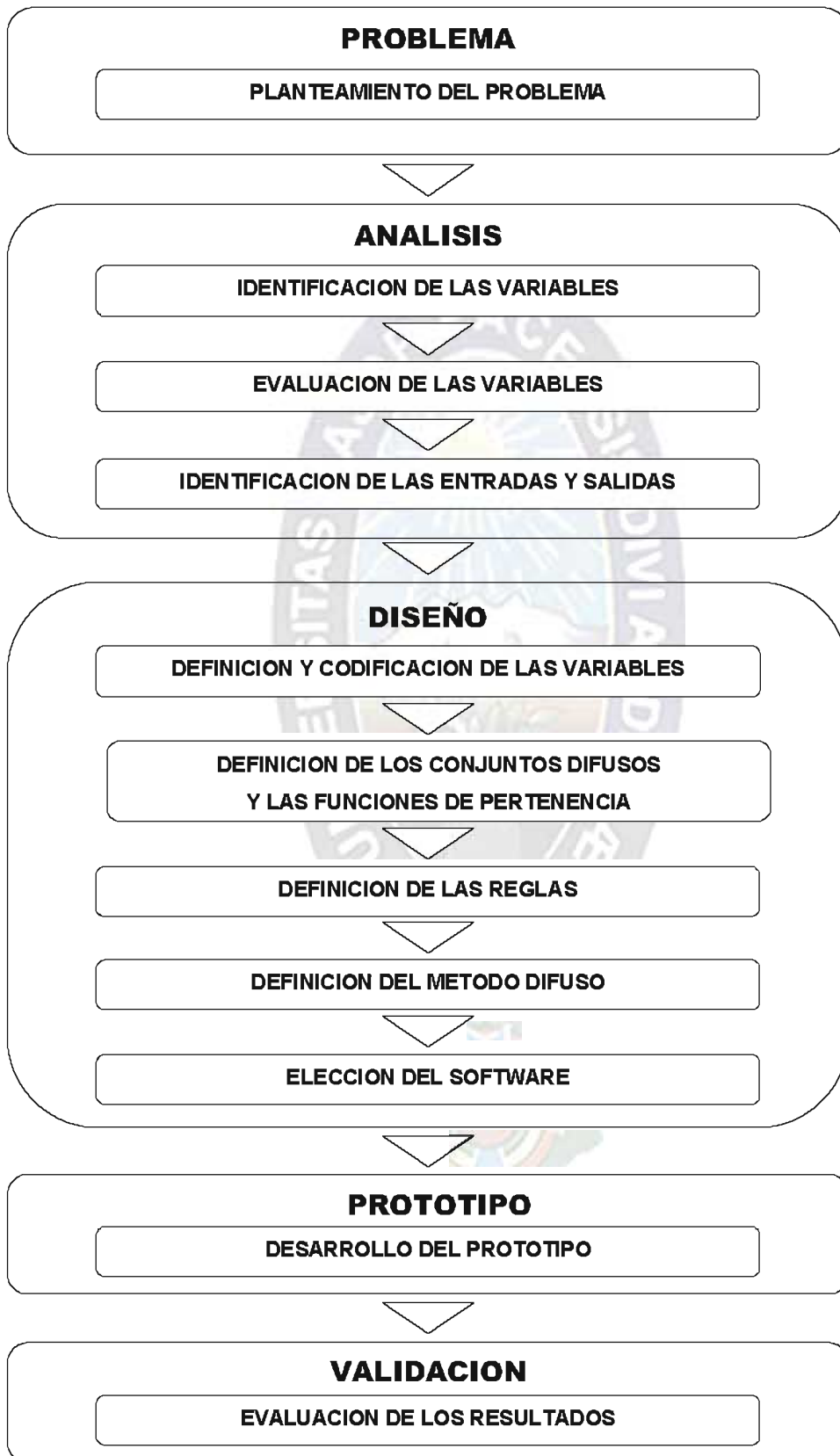
La construccion del prototipo se lo realizara en el Fuzzy Toolbox aplicando el modelo Mamdani como su sistema de inferencia difusa, se implantaran la base de reglas y la base de datos en los editores del Fuzzy Toolbox de acuerdo a los modelos desarrollados en la etapa de dise1no del sistema experto difuso.

4.3.6 EVALUACION DE RESULTADOS

Se realizaran pruebas al prototipo del sistema experto con datos e informaci3n reales de pacientes con la enfermedad del cancer de pr3stata, esto para evaluar los resultados y compararlos con los resultados del especialista medico sobre los mismos pacientes, esto con el objetivo de reestructurar y optimizar el modelo del sistema experto difuso para que sus resultados sean lo mas aproximados posible al diagnostico del medico.

En la siguiente figura mostramos las etapas de desarrollo del sistema experto difuso de manera mas detallada.

FIGURA 4.2: Etapas de desarrollo del sistema experto

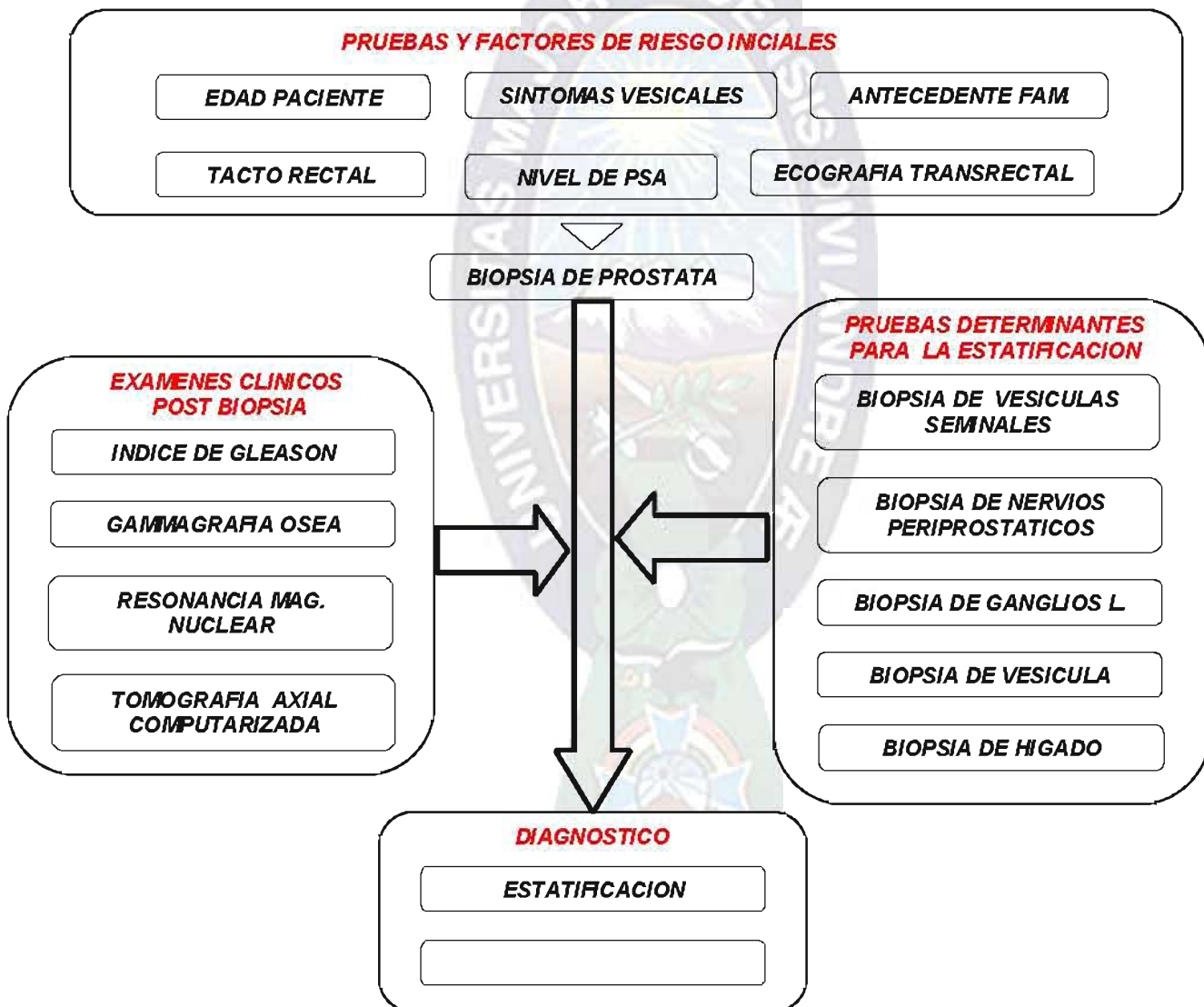


Fuente: Elaboración propia

4.4 IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES ASOCIADOS AL CANCER

Las variables identificadas asociadas al cáncer de próstata son aquellas que están directamente e indirectamente relacionadas con la enfermedad del cáncer de próstata, estas variables tienen un nivel de implicancia sobre el cáncer y según los expertos algunas variables no son tomadas en cuenta para un diagnóstico real pues su relación con la enfermedad no es significativa.

FIGURA 4.3: Variables asociadas al cáncer de próstata



Fuente: Elaboración Propia

Como observamos las variables del cancer de próstata se clasifican en:

- *Pruebas y Factores de Riesgo Iniciales*
- *Prueba Determinante del Cancer – Biopsia de P.*
- *Exámenes Clínicos Post-Biopsia*
- *Pruebas Determinantes de la Estatificación*
- *Estatificación y Tratamiento*

4.5 EVALUACION DE LAS VARIABLES DEL CANCER DE PROSTATA

El grado de relacion que tiene cada variable con el desarrollo del cancer es una de las tareas mas importantes a definir, ya que de esta relacion variable/enfermedad tendremos como resultados los conjuntos difusos y sus respectivas funciones de pertenencia que seran implementadas luego en la base de datos del sistema.

FIGURA 4.4: Niveles de relación de las variables



Fuente: Elaboración Propia

4.5.1 PRUEBAS Y FACTORES DE RIESGO INICIALES

Estas variables son las que determinan en una primera instancia el cuadro patológico del paciente e indica el curso a seguir posteriormente de acuerdo al grado o nivel de estas variables en relación con la enfermedad del cáncer. Estos son los factores de riesgo y pruebas iniciales que se realizan al paciente para ver la posibilidad de que exista el cáncer de próstata, estas variables indicaran si existe la necesidad de hacer o no una biopsia.

Los factores de riesgo mas importantes a la hora de evaluar al paciente son la edad del mismo y su relación con algun familiar que padeció la misma enfermedad.

4.5.1.1 EDAD DEL PACIENTE

El cáncer de próstata es una enfermedad que afecta a los varones con edad avanzada, aumentando el riesgo de padecerla a medida que envejecemos. El 75% de los casos son personas mayores de 65 años. La edad del paciente esta directamente relacionada con el cancer de Próstata.

4.5.1.2 ANTECEDENTE FAMILIAR

La relación familiar esta directamente ligada en esta enfermedad, pues el grado de padecer cancer de próstata es alto si un familiar de primer orden (padre, hermanos) lo ha padecido antes. Se estima que un 10% de los casos de cáncer de próstata pueden presentar un componente hereditario. Diversos estudios han demostrado que aquellos varones con antecedentes familiares de primer grado (padre, hermanos) de cáncer de próstata presentarían un riesgo dos veces superior de padecer esta enfermedad.

4.5.1.3 TACTO RECTAL

El tacto rectal es la prueba inicial estandar para diagnosticar cualquier patología anormal de la próstata, en el caso del cancer de próstata tambien es la evaluación inicial.

Esta variable es el resultado la prueba física inicial de gabinete para poder determinar el grado patológico de la próstata, este examen derivado de la exploración física de la próstata por el medico especialista tiene como conclusión 2 resultados: Próstata Normal y Patologica (Anormal).

4.5.1.4 NIVEL DE PSA (Antígeno Prostatico Especifico PSA por sus siglas en ingles)

Esta es una prueba de laboratorio que determina el nivel de PSA existente en la sangre en ng/ml (nanogramos por mililitro), el PSA es una proteína que la libera unicamente la glandula prostatica y esta tiende a subir cuando existe una patología u anormalidad en la próstata, es una de las pruebas mas importantes para determinar las acciones a seguir según sus niveles existentes en la sangre.

TABLA 4.1: Niveles de PSA

Niveles de PSA			
Normal	Elevado	Alto	Muy Alto
$0 < x \leq 4$ ng/ml	$4 < x \leq 8$ ng/ml	$8 < x \leq 20$ ng/ml	$20 < x$ ng/ml

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 4.5: RELACION NIVEL DE PSA - PRUEBAS COMPLEMENTARIAS



Fuente: Elaboración Propia

4.5.1.5 NIVEL DE PSA LIBRE/TOTAL

Esta es una prueba que relaciona el nivel de PSA Libre con el nivel de PSA Total de la sangre, este resultado aporta con mas especificidad al momento de evaluar los resultados anteriores (TACTO RECTAL y PSA) cuando estos no son muy especificos o claros para tomar desiciones a seguir.

TABLA 4.2: Niveles de PSA LIBRE/TOTAL

Niveles de PSA Libre/Total	
Normal PSA L/T ≥ 18	Anormal-Patologico PSA L/T < 18

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1.6 ECOGRAFIA TRANSRECTAL

Este examen medico consiste en estudiar y verificar las imágenes que muestra el ecógrafo transrectal con la finalidad de hallar anomalías y patologías sospechosas mediante imágenes, esta prueba apoya directamente a las pruebas anteriores cuando estas no son claras y definitivas.

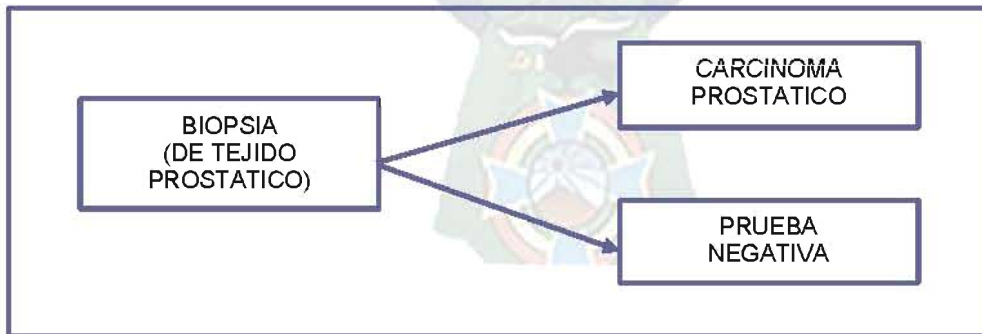
El resultado final de esta prueba viene dado como: Normal o Patologica (anormal)

4.5.2 PRUEBA DETERMINANTE DEL CANCER

4.5.2.1 BIOPSIA DE PROSTATA

Esta variable determina definitivamente la existencia del cancer de próstata mas no así la etapa o avance del cancer, ya que si este hace metastasis (proliferación del cancer a otros organos del cuerpo) se requieren otras pruebas y analisis complementarios para esta tarea.

FIGURA 4.6: Resultados de la Biopsia



Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 EXAMENES CLINICOS POST-BIOPSIA

4.5.3.1 INDICE DE GLEASON

Esta prueba de laboratorio determina la agresividad de las células cancerígenas, este análisis se realiza una vez confirmada el cáncer en la próstata, el patólogo realiza el examen de las células cancerígenas comparándolas con las células normales de la próstata y las categoriza mediante un grado de diferenciación entre las normales y las anormales.

TABLA 4.3: Grados del Índice de Gleason

Niveles de gravedad del Índice de Gleason	
Bien Diferenciado	Indiferenciado
$IG \leq 7$	$IG > 7$

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 4.7: RELACION INDICE DE GLEASON – PRUEBAS COMPLEMENTARIAS



Fuente: Elaboración Propia

4.5.3.2 TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA

Esta variable indica si el cáncer se ha diseminado fuera de la capa prostática e hizo metástasis a las vesículas seminales, nervios periprostáticos, ganglios linfáticos, hígado y otros órganos más alejados, la dividimos de la siguiente manera:

TABLA 4.4: Subdivisión del TAC en áreas

TAC	
TACNPPVS	TACGL
TAC de Nervios Periprostaticos y Vesiculas Seminales	TAC de Ganglios Linfaticos

Fuente:Elaboracion Propia

Cada una de las variables se evalúa de la siguiente forma:

TABLA 4.5:Resultados de la prueba TACNPPVS

TACNPPVS			
TAC de Nervios Periprostaticos y Vesiculas Seminales			
SIN METASTASIS	METASTASIS LOCAL	METASTASIS AVANZADO	METASTASIS INCIERTO

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 4.6:Resultados de la prueba TACGL

TACGL		
TAC de Ganglios Linfaticos		
METASTASIS NEGATIVO	METASTASIS INCIERTO	METASTASIS POSITIVO

Fuente: Elaboración Propia

Esta prueba se realiza muchas veces en directa relacion con la RNM (Resonancia Nuclear Magnetica) para comparar resultados y tener una vision clara del nivel de avance del cancer para obtener una estatificación lo mas acertada posible.

Muchas veces esta prueba es la unica requerida para indicar el estadio del cancer si los niveles de PSA o si el Indice de Gleason son altos (PSA mayor a 20 o Indice de Gleason mayor a 7) pues en estas situaciones la TAC muestra de manera mas clara mediante las imágenes computarizadas.

4.5.3.3 RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR

Esta prueba al igual que la anterior esta dentro de las llamadas “diagnostico por imagenes” y en la mayoría de las veces no se la realiza si los niveles de PSA y si el Índice de Gleason son bajos (PSA menor a 20 e Gleason menor a 7), pues en estas situaciones existe un claro indicio de que el cancer esta localizado y se encuentra en las etapas T1 o T2.

TABLA 4.7: Subdivisión de la RMN en áreas

RMN	
RMNPPVS	RMNGL
RMN de Nervios Periprostaticos y Vesiculas Seminales	RMN de Ganglios Linfaticos

Fuente: Elaboración Propia

Cada una de las variables se evalúa de la siguiente forma:

TABLA 4.8: Resultados de la prueba RMNPPVS

RMNPPVS			
RMN de Nervios Periprostaticos y Vesiculas Seminales			
SIN METASTASIS	METASTASIS LOCAL	METASTASIS AVANZADO	METASTASIS INCIERTO

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 4.9: Resultados de la prueba RMNGL

RMNGL		
Resonancia Magnetica Nuclear de Ganglios Linfaticos		
METASTASIS NEGATIVO	METASTASIS INCIERTO	METASTASIS POSITIVO

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3.4 Gammagrafía ósea

Esta prueba se realiza específicamente a los huesos, para determinar metástasis óseas. Las metástasis óseas suponen el 90% de las metástasis a distancia, por lo que se puede decir que si los niveles de PSA son altos o el índice de Gleason es alto entonces la gammagrafía ósea es un indicador muy específico de metástasis óseas.

4.5.4 Pruebas determinantes para la estadificación

Para el desarrollo del sistema experto estas variables tendrán solo dos posibles valores como resultado de evaluar el examen clínico, estas variables son el resultado de las biopsias a los diferentes órganos y estas se refieren a la existencia o no del cáncer en dicho órgano o tejido.

4.5.4.1 Biopsia de nervios periprostaticos

Esta prueba nos indica si el cáncer ha sobrepasado los límites de la glándula prostática y se encuentra en los nervios periféricos o adyacentes a la próstata.

4.5.4.2 Biopsia de vesículas seminales

Este examen de tejido de las vesículas seminales nos indica si el cáncer se encuentra instalado en este órgano adyacente a la glándula prostática.

4.5.4.3 Biopsia de ganglios linfáticos

Esta variable indica si el cáncer ya se encuentra en los ganglios linfáticos pélvicos o aun no se ha extendido a estos.

4.5.5 Estadificación

La estadificación es el resultado de la evaluación de todas las variables anteriores mediante sus grados o niveles de incidencia sobre la enfermedad, esta evaluación se la puede realizar tomando todas las variables anteriores o solo una parte de ellas para llegar a una conclusión de la manera más eficaz posible mediante la inferencia difusa evaluando los conjuntos difusos, para poder así determinar el tratamiento más adecuado al paciente.

El diagnostico del cáncer prostático en una persona es medir el grado de avance de la enfermedad teniendo en cuenta toda la información necesaria y así poder estatificar (asignar un estadio o etapa al cancer) de la manera mas exacta posible.

Para el modelado de nuestro sistema experto difuso haremos uso del sistema de clasificación TNM y sus respectivos niveles. El sistema TNM del Comité Conjunto Americano sobre Cancer (AJCC) es el más usado en la actualidad para valorar la propagación del cáncer, con fines pronósticos y terapéuticos.

4.6 IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

Después de evaluar los factores asociados al cancer de próstata y los niveles de relacion que tienen estos con la enfermedad identificamos las siguientes variables de entrada y salida del sistema.

FIGURA 4.8: Variables de Entrada y Salida



Fuente: Elaboración propia

4.7 DEFINICION Y CODIFICACION DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS

Codificamos y describimos las variables lingüísticas y definimos los valores lingüísticos para cada variable para un manejo mas optimo de los datos cuando el modelo se evalué en el prototipo.

TABLA 4.10: Definición y codificación de variables

NRO	VARIABLE LINGÜÍSTICA	DESCRIPCION DE VARIABLE	VALOR LINGUISTICO
1	ED	Edad del paciente	Medio Elevado Avanzado
2	AF	Antecedente Familiar	1er Grado 2do Grado
3	TR	Tacto Rectal	Normal Patologico
4	PSA	Nivel del Antígeno Prostatico Especifico	Normal Elevado Alto Muy Alto
5	PSALT	Porcentaje de PSA Libre/Total	Normal Anormal
6	ET	Ecografia Transrectal	Normal Patológico
7	BP	Biopsia de Próstata	P. Positivo P. Negativo
8	GLE	Indice de Gleason	Bien Diferenciado Indiferenciado
9	TNPVS	Tomografia Axial Computarizada de Nervios Periprostaticos y Vesiculas S.	Sin Metastasis Metastasis Localizado Metastasis Avanzado Metastasis Incierta
10	RNPVS	Resonancia Magnetica Nuclear	Sin Metastasis

		de Nervios Periprostaticos y Vesiculas S.	Metastasis Localizado Metastasis Avanzado Metastasis Incierta
11	TGL	TAC de Ganglios Linfaticos	Negativo Incierto Positivo
12	RGL	RMN de Ganglios Linfaticos	Negativo Incierto Positivo
13	GAM	Gammagrafia Osea	Metastasis Positiva Metastasis Negativa
14	BNPP	Biopsia de Nervios Periprostaticos	Biopsia Positiva Biopsia Negativa
15	BVS	Biopsia de Vesiculas Seminales	Biopsia Positiva Biopsia Negativa
16	BGL	Biopsia de Ganglios Linfaticos	Biopsia Positiva Biopsia Negativa
17	EST	Estatificacion	Carcinoma negativo CN Estadio T1 Estadio T2 Estadio T3 Estadio T4 Estadio N Estadio M

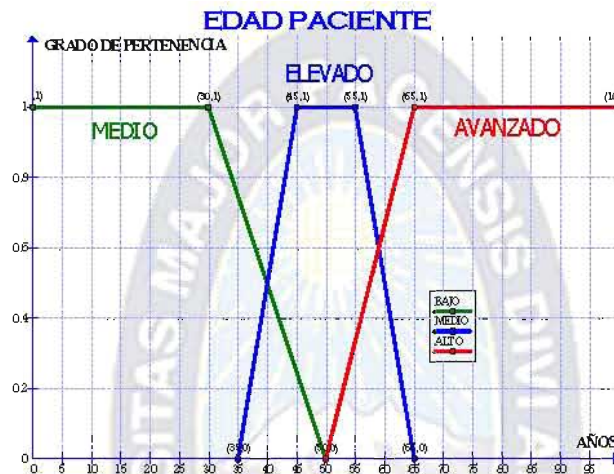
Fuente: elaboración propia

4.8 DEFINICION DE LOS CONJUNTOS DIFUSOS Y LAS FUNCIONES DE PERTENENCIA

VARIABLE: EDAD DEL PACIENTE

Los conjuntos difusos de la variable edad son:

FIGURA 4.9: Conjuntos difusos edad del paciente



Fuente: Elaboración propia

TABLA 4.11: Función de pertenencia variable edad

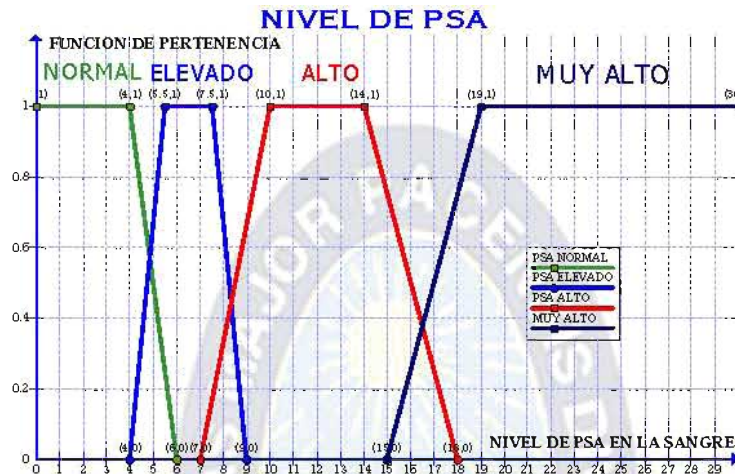
FUNCION DE PERTENENCIA: Edad		
MEDIO	0	si $x \geq 50$
	$(50 - x) / 20$	si $30 \leq x \leq 50$
	1	si $x \leq 30$
ELEVADO	0	si $x \leq 35$ o $x \geq 65$
	$(x-35)/10$	si $35 \leq x \leq 45$
	1	si $45 \leq x \leq 55$
	$(65-x)/10$	si $55 \leq x \leq 65$
AVANZADO	0	si $x \leq 50$
	$(x-50)/15$	si $50 \leq x \leq 65$
	1	si $x \geq 65$

Fuente: Elaboración Propia

VARIABLE: NIVEL DE PSA

Los conjuntos difusos del Nivel de PSA son:

FIGURA 4.10: Conjuntos Difusos de la variable PSA



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 4.12: Funcion de pertenencia variable PSA

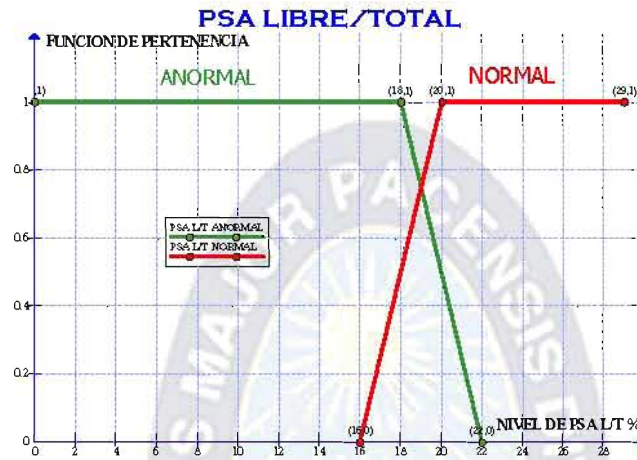
FUNCION DE PERTENENCIA: Nivel de PSA		
PSA NORMAL	0	si $x \geq 6$
	$(6 - x) / 2$	si $4 \leq x \leq 6$
	1	si $x \leq 4$
PSA ELEVADO	0	si $x \leq 4$ o $x \geq 9$
	$(x-4) / 1.5$	si $4 \leq x \leq 5.5$
	1	si $5.5 \leq x \leq 7.5$
PSA ALTO	$(9-x) / 1.5$	si $7.5 \leq x \leq 9$
	0	si $x \leq 7$ o $x \geq 18$
	$(x-7) / 3$	si $7 \leq x \leq 10$
PSA MUY ALTO	1	si $10 \leq x \leq 14$
	$(18-x) / 4$	si $14 \leq x \leq 18$
	0	si $x \leq 15$
PSA MUY ALTO	$(x-15) / 4$	si $15 \leq x \leq 19$
	1	si $x \geq 19$

Fuente: Elaboración Propia

VARIABLE: NIVEL DE PSA LIBRE/TOTAL

Los conjuntos difusos de la variable PSA libre/total son:

FIGURA 4.11: Conjuntos difusos de la variable PSA L/T



Fuente: elaboración Propia

TABLA 4.13: Función de pertenencia de la variable PSA L/T

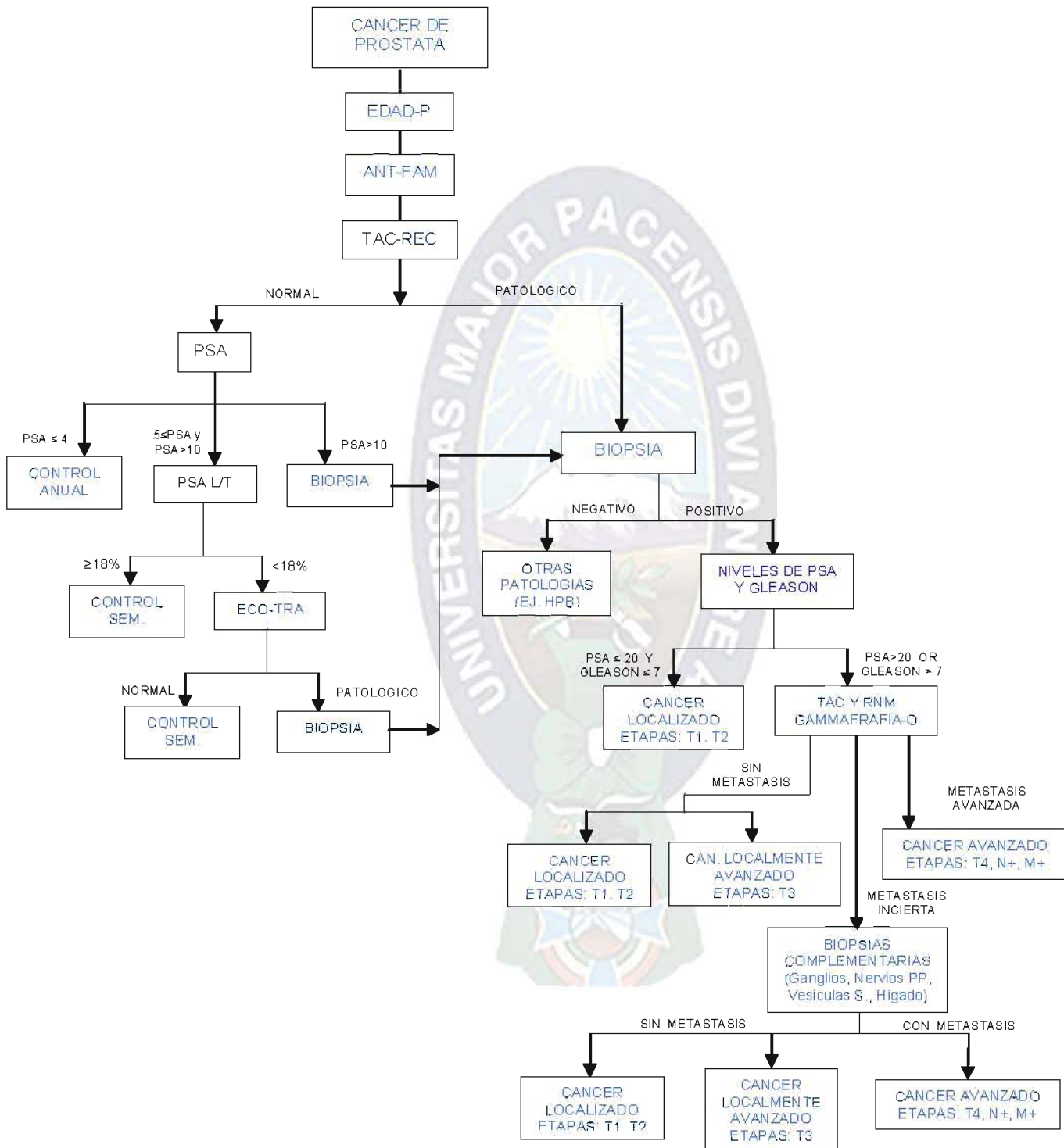
FUNCION DE PERTENENCIA: Nivel de PSA L/T	
ANORMAL (PATOLOGICO)	0 si $x \geq 22$
	$(22 - x) / 4$ si $18 \leq x \leq 22$
	1 si $x \leq 18$
NORMAL	0 si $x \leq 16$
	$(x-16) / 4$ si $16 \leq x \leq 20$
	1 si $x \geq 20$

Fuente: Elaboración Propia

El resto de los conjuntos difusos y sus funciones de pertenencia de las variables del sistema experto se encuentran en el anexo A.

4.9 ARBOL DE DECISION PARA LA ESTATIFICACION

FIGURA 4.12: Árbol de decisión



Fuente: Elaboración Propia

4.10 DESARROLLO DE LAS REGLAS

Las reglas han sido diseñadas mediante algoritmos y protocolos de diagnóstico que siguen los especialistas médicos y que son rutinas normalizadas que deben seguir los médicos para una buena estadificación.

Este algoritmo protocolizado está plasmado en el árbol de decisiones para el diagnóstico del cáncer, de donde fueron obteniéndose las reglas de producción que rigen al sistema, son un total de 73 reglas que podrán fácilmente ser adicionadas o reestructuradas para un óptimo funcionamiento del sistema experto. Mencionamos solo algunas reglas ya que todas se encuentran en el editor de reglas del prototipo llamado DIAGNOSPROST del Fuzzy Toolbox de Matlab.

R1. *SI* EDAD *es* ELEVADO *and* ANTFAN *es* 1_GRADO *and* TACREC *es* NORMAL *and* PSA *es* ALTO *and* BIOPRO *es* POSITIVO *and* GLEASON *es* BIENDIF *then* ESTADIO *es* T1
R2. *SI* EDAD *es* ELEVADO *and* ANTFAN *es* 1_GRADO *and* TACREC *es* NORMAL *and* PSA *es* ALTO *and* BIOPRO *es* POSITIVO *and* GLEASON *es* INDIF *then* ESTADIO *es* T2
R3. *SI* EDAD *es* AVANZADO *and* ANTFAN *es* 1_GRADO *and* TACREC *es* NORMAL *and* PSA *es* ALTO *and* BIOPRO *es* POSITIVO *and* GLEASON *es* BIENDIF *then* ESTADIO *es* T2
R4. *SI* EDAD *es* ELEVADO *and* ANTFAN *es* 1_GRADO *and* TACREC *es* NORMAL *and* PSA *es* MUYALTO *and* BIOPRO *es* POSITIVO *and* GLEASON *es* BIENDIF *and* TACNPPVS *es* SINMET *and* RMNPPVS *es* SINMET *then* ESTADIO *es* T1
R5...etc.

Reglas del Sistema Experto

4.11 DEFINICION DEL METODO DIFUSO

De entre los distintos modelos de sistemas difusos, utilizaremos el sistema difuso tipo Mamdani por que se aplica de manera óptima a los sistemas de diagnósticos médicos sobre determinadas enfermedades, la facilidad de comprensión e implementación en el desarrollo de sistemas expertos difusos, los sistemas difusos tipo mamdani tienen las siguientes características:

- Facilidad para la derivación de reglas
- Fácil interpretación de las reglas difusas
- Presentan gran libertad a la hora de elegir los Interfaces de Fuzzificación y Defuzzificación así como el Sistema de Inferencia

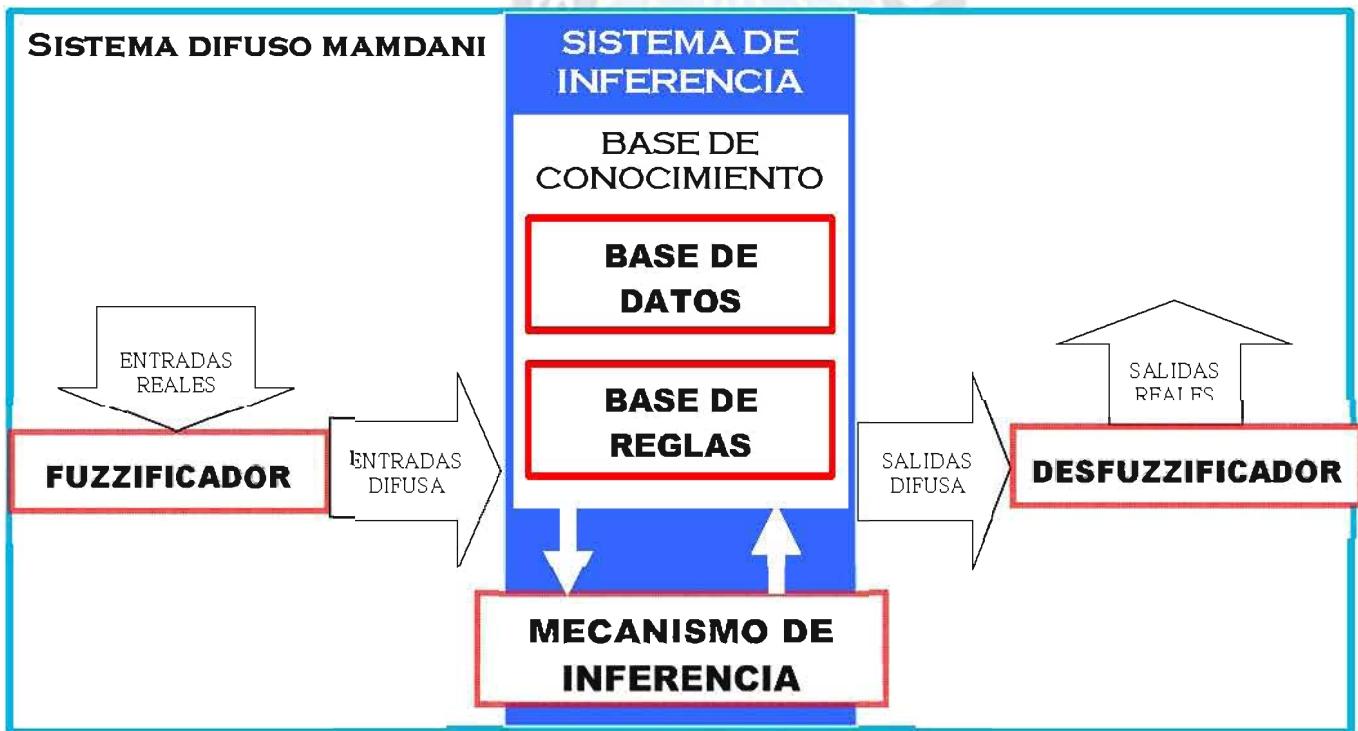
Las reglas son del tipo "Si - entonces" y el Sistema Experto Difuso tipo Mamdani tiene múltiples entradas y una única salida, presentan la siguiente estructura:

Si (X1 es A1) y (X2 ES A2) y ... y (Xn es An) entonces Y es B

Donde X_i e Y son variables lingüísticas de entrada y salida respectivamente, y los A_i y B son etiquetas lingüísticas asociadas a dichas variables.

El modelo Mamdani tiene la clásica arquitectura de un sistema experto difuso como ser el mecanismo de inferencia, la base de conocimiento y los módulos de fuzzificación y defuzzificación.

FIGURA 4.13: Arquitectura del Sistema Difuso Mamdani



Fuente: *Sistemas Difusos Mamdani*

4.11.1 SISTEMA DE INFERENCIA

El sistema de inferencia difuso (llamado también motor de inferencia) emplea la información contenida en la Base de Conocimiento para llevar a cabo dicho proceso. El proceso

de inferencia difuso está basado en la aplicación del Modus Ponens Generalizado (MPG), extensión del Modus Ponens de la Lógica Clásica.

TABLA 4.14: Inferencia difusa MPG

<i>Modus Ponens Generalizado MPG</i>	
<i>PREMISA 1</i>	<i>Si X es A entonces Y es B</i>
<i>PREMISA 2</i>	<i>X es A'</i>
<i>CONSECUENTE</i>	<i>Y es B'</i>

4.11.2 OBTENCION DE LA SALIDA DEL SISTEMA DIFUSO

Para el proceso de obtención de la salida del sistema difuso mediante reglas difusas ante unas determinadas entradas utilizaremos la llamada **Inferencia basada en reglas individuales**, que aplica las entradas a la primera regla, a la segunda y así sucesivamente. Posteriormente las salidas de las reglas se unen para obtener una única salida

4.11.3 ESQUEMA DEL MOTOR DE INFERENCIA BASADO EN REGLAS INDIVIDUALES

1. ACTIVACION DE REGLAS

Una regla se activa si el grado de emparejamiento (o aplicabilidad) del antecedente de la regla con las entradas es mayor que cero.

- Cálculo del grado de emparejamiento del antecedente de las reglas con las entradas
- Escalado de la salida difusa

En nuestro sistema se utiliza el operador Intersección estándar:

$$T(a,b) = \min(a,b) \text{ de la T-norma.}$$

2. AGREGACION DE LAS SALIDAS

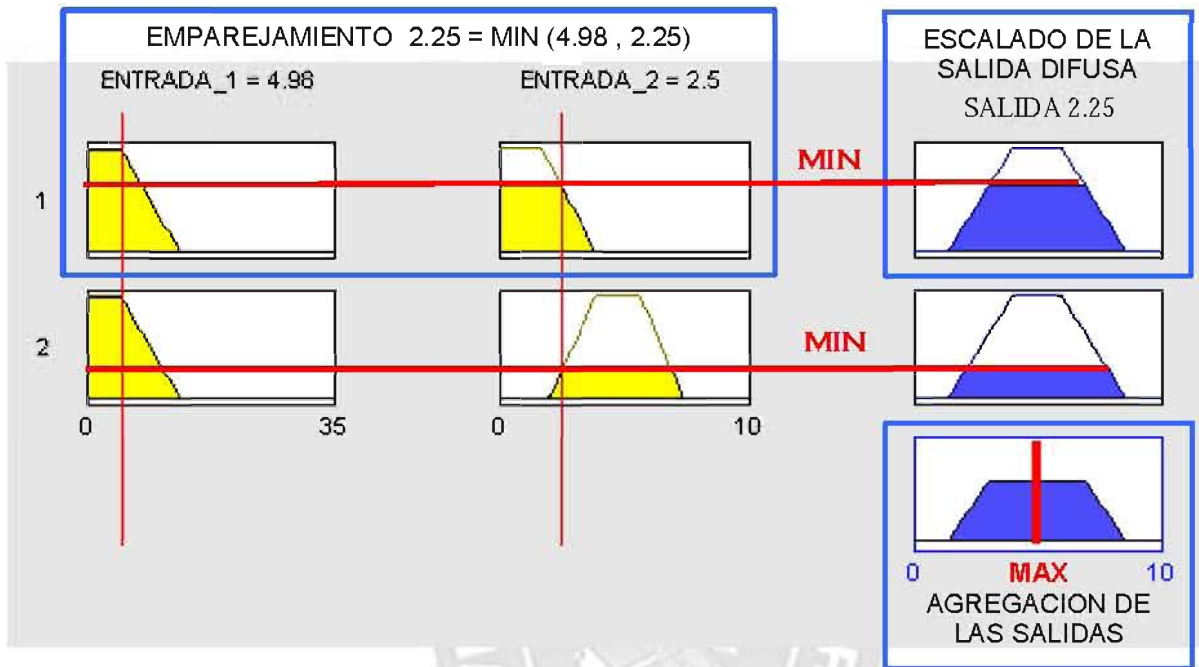
En nuestro sistema utilizamos el operador Unión estándar:

$$S(a,b) = \max(a,b) \text{ de la T-conorma.}$$

4.11.4 INFERENCIA DIFUSA TIPO MAMDANI

Usando las funciones MIN (T-norm=min) y MAX (T- conorm=max).

FIGURA 4.14: Inferencia modelo Mamdani



Fuente: *Sistemas Difusos Mamdani*

4.11.5 FUZZIFICACION

Que se encarga de transformar los datos precisos de entrada (valores numericos) en valores manejables (valores difusos) en el proceso de razonamiento difuso, es decir, en algún tipo de conjunto difuso.

4.11.6 DEFUZZIFICACION

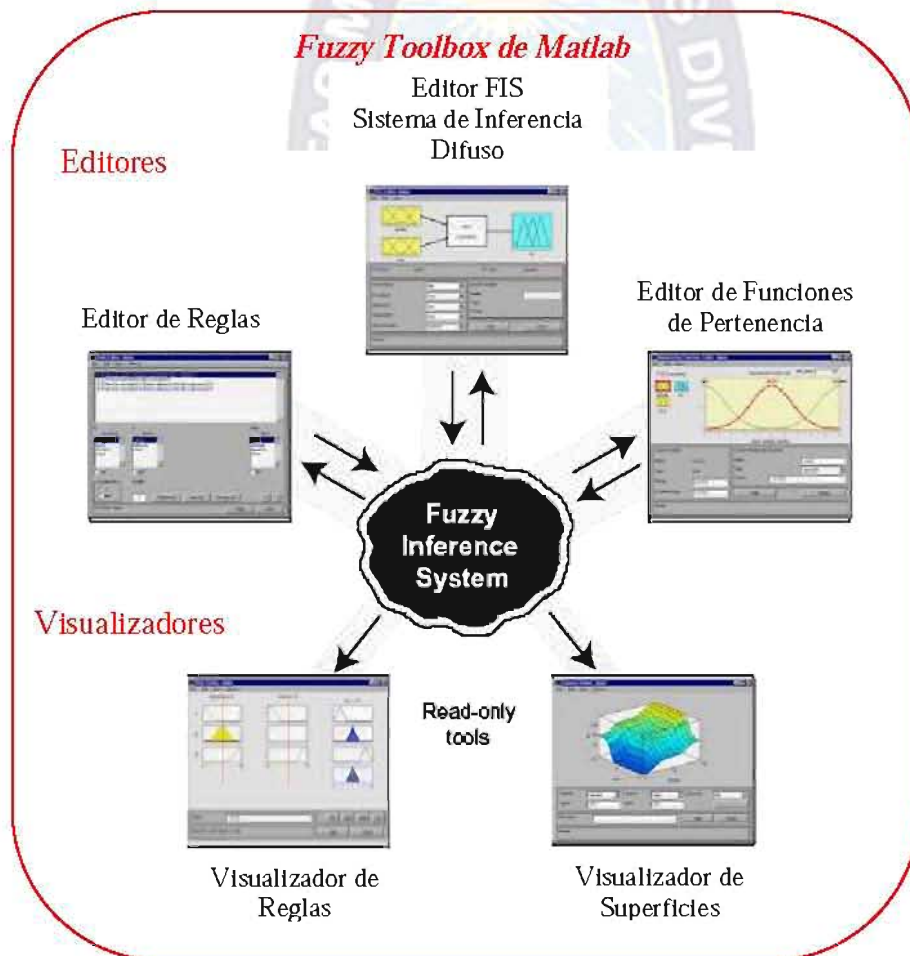
Que transforma la acción difusa resultante del proceso de inferencia en una acción precisa que constituye la salida global del sistema experto difuso. En el prototipo del sistema experto utilizaremos el metodo de defuzzificacion del Centroide o llamado tambien Centro de Gravedad o de Area.

4.12 ELECCION DEL SOFTWARE

El software a emplearse para el desarrollo del sistema y posterior prueba es el Fuzzy toolbox de Matlab por ser un software muy flexible y optimizable para una constante mejora del prototipo y del propio modelo de sistema experto difuso Diagnosprost.

La ventaja de este sistema de desarrollo rapido de prototipos es que acepta una cantidad grande de variables de entrada y permite mas de una variable de salida, el sistema tambien muestra la visualización grafica de las reglas donde podemos observar que diferentes entradas muestran diferentes salidas y se puede ver de manera visual las reglas que se activan con cada nueva entrada de variables.

FIGURA 4.15: Características del Fuzzy Toolbox



Fuente: Fuzzy Toolbox de Matlab

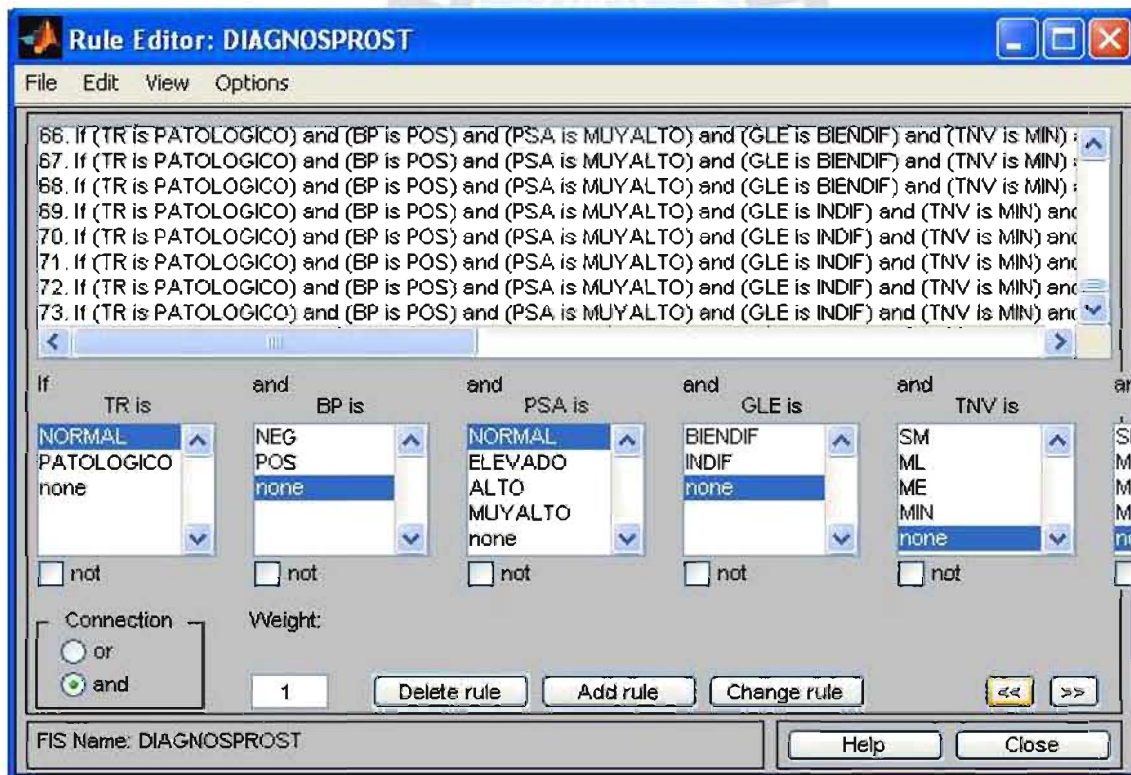
4.13 DESARROLLO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA EN FUZZY TOOLBOX

El Sistema Experto de Diagnostico y Tratamiento del Cancer de Próstata DIAGNOSPROST tipo Mamdani e implementado en fuzzy toolbox de Matlab (version 7.0) tiene las siguientes características:

4.13.1 BASE DE CONOCIMIENTOS

4.13.1.1 BASE DE REGLAS. La base de reglas del sistema experto Diagnosprost se encuentra implementada en el Editor de reglas del prototipo (Rule Editor).

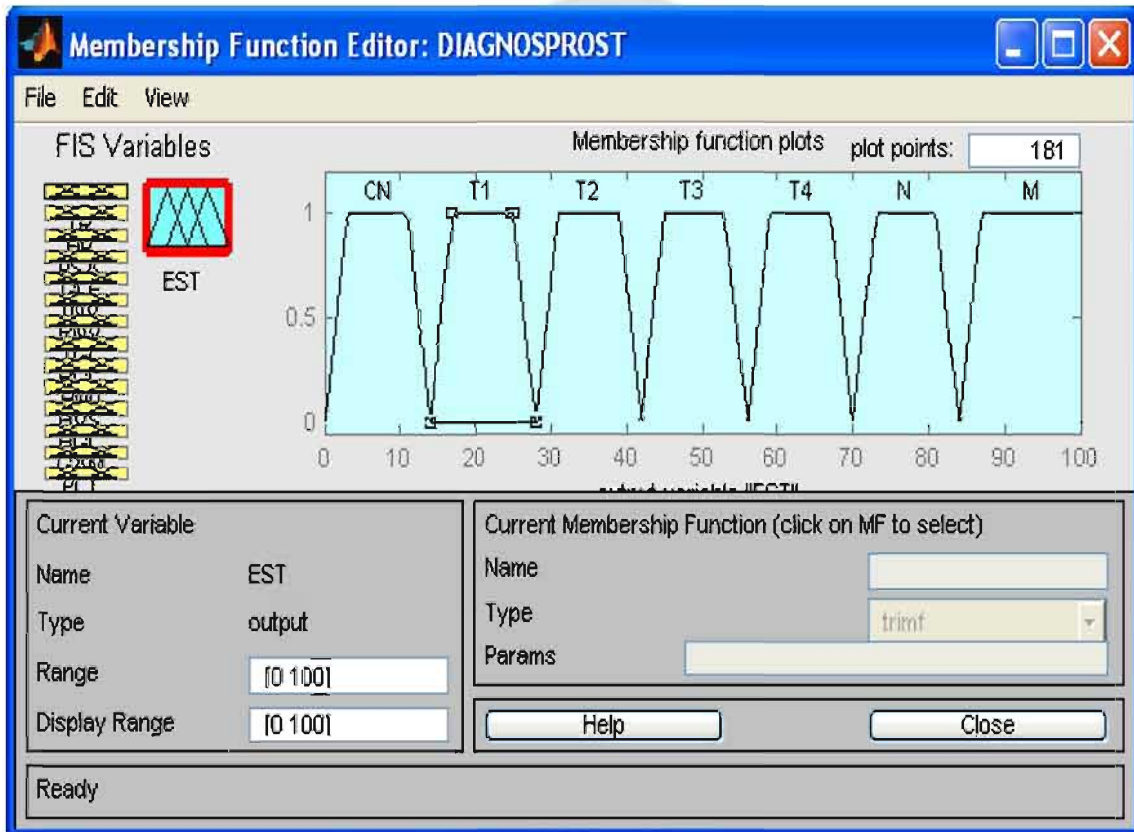
FIGURA 4.16: Editor de reglas del sistema DIAGNOSPROST



Fuente: Elaboración Propia

4.13.1.2 BASE DE DATOS. La base de datos se implanta mediante el editor de funciones de pertenencia (Membership Function Editor FIS) y quedan almacenados los conjuntos difusos de todas las variables del sistema incluyendo la única variable de salida que es un valor real que mide el estadio en que se encuentra el cancer.

FIGURA 4.17: Editor de Funciones de Pertenencia del sistema DIAGNOSPROST

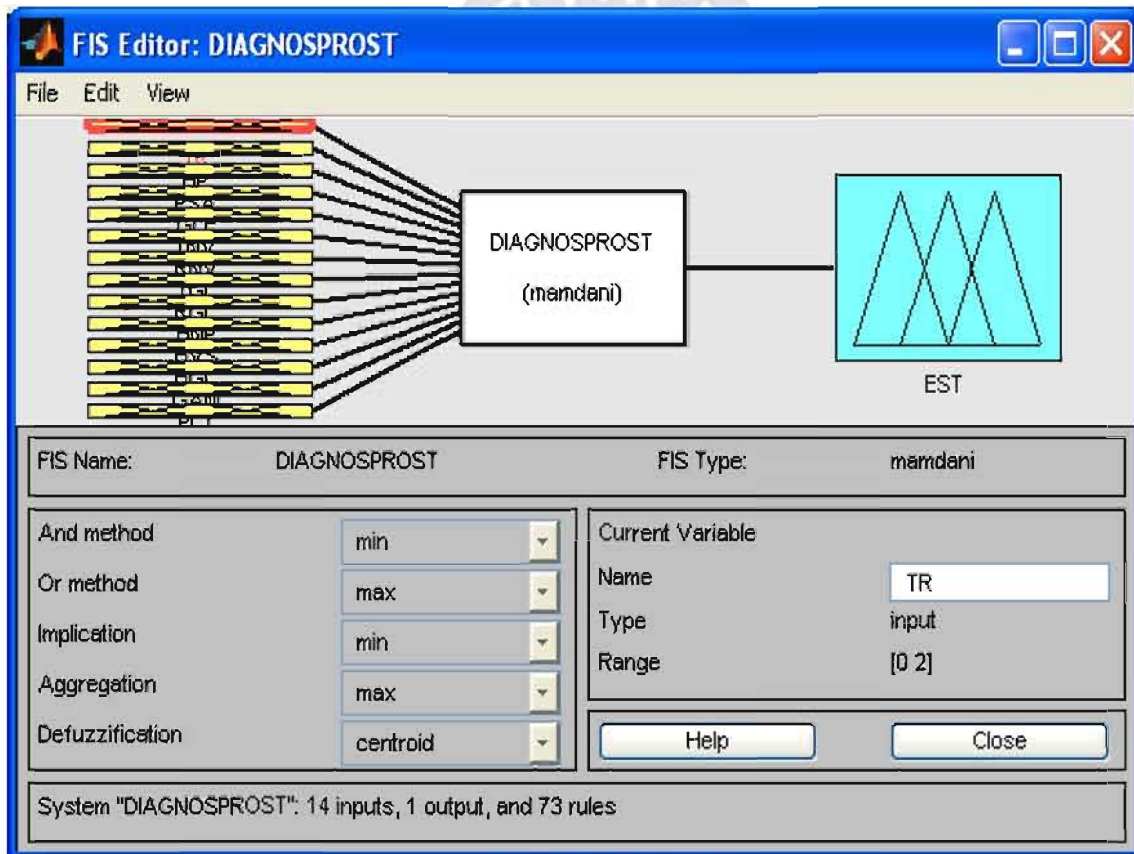


Fuente: Elaboración Propia

4.13.2 SISTEMA DE INFERENCIA DIFUSA EDITOR FIS (FUZZY INFERENCE SYSTEM)

El sistema de inferencia difusa utiliza todas las variables de entrada para inferir un resultado final y esta implementada en el modelo Mamdani. Este tiene un menú donde se seleccionan los operadores lógicos matemáticos que van a ser usados durante el proceso de inferencia del sistema.

FIGURA 4.18: Sistema de inferencia difusa DIAGNOSPROST



Fuente: Elaboración Propia

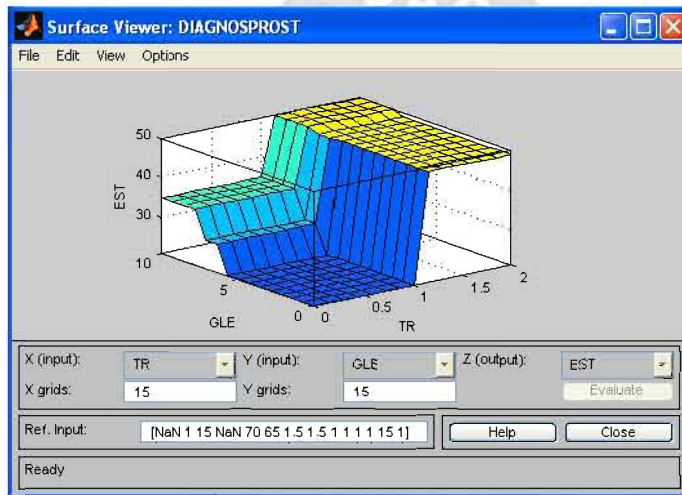
4.13.3 VISUALIZADOR DE REGLAS

En el visualizador de reglas se puede ver de gráficamente todas las reglas y las variables del sistema, además se puede contemplar las reglas que han sido activadas cuando determinadas variables cumplen sus condiciones, se puede apreciar los conjuntos difusos seleccionados en cada regla activada. También se puede hacer variar las entradas solo moviendo con el puntero el

4.13.4 VISUALIZADOR DE SUPERFICIES

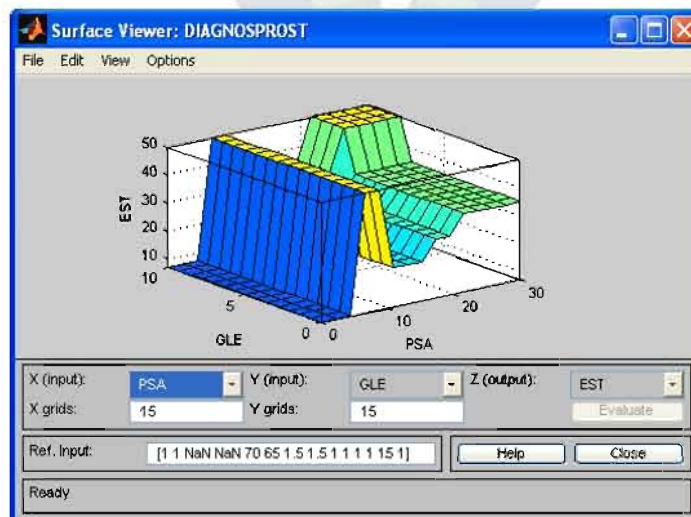
Este visualizador muestra en tres dimensiones la superficie formada por la relación entre dos variables de entrada cualesquiera (a elección nuestra) y la variable de salida que es la estadificación, en las figuras siguientes se muestran las superficies que relacionan a: GLE-TR-EST (Índice de gleason, Tacto Rectal, Estadificación) y PSA-GLE-EST (nivel de PSA, Índice de Gleason, Estadificación).

FIGURA 4.20: Superficie GLE-TR-EST



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 4.21: Superficie PSA-GLE-EST



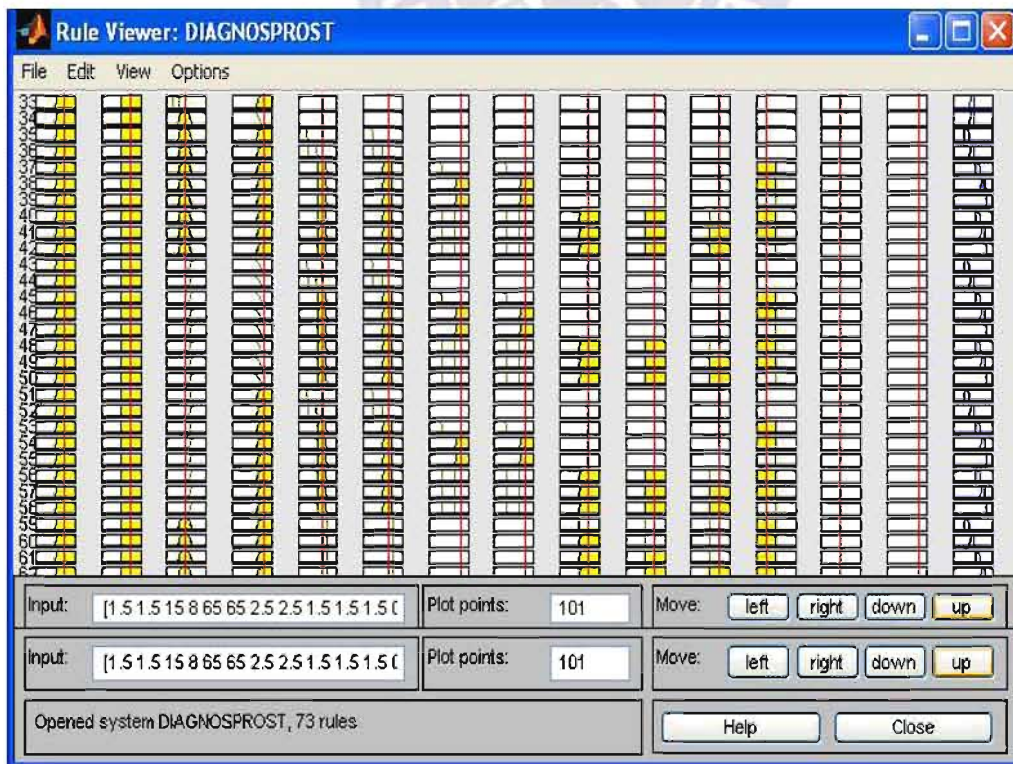
Fuente: Elaboración Propia

Realizando una prueba al prototipo del sistema para ver gráficamente la inferencia difusa resultante al introducir las siguientes variables de entrada:

VARIABLES DE ENTRADA						
TR= 1.5	PSA=15	PSA LT=13	BP=1.5	GLE=8	TACNPPVS=65	RMNPPVS=65
TACGL=25	RMNGL=25	BNP=1.5	BVS=1.5	BGL=1.5	GAMM=0.5	ET=1.6
VARIABLE DE SALIDA						
ESTATIFICACION = 77 (Estadio N)						

El diagnostico en el estadio N (estadificación = 77) nos indica que el cancer se encuentra en los ganglios linfáticos sin hacer metástasis aun en los huesos u otras regiones del cuerpo, este resultado del prototipo concuerda con los datos de entrada especialmente con los mas determinantes en este caso como son la biopsia de ganglios linfaticos que da positivo y el resultado negativo de la gammagrafia osea, que nos indican claramente una etapa N similar a la conclusión del sistema experto.

FIGURA 4.22: Resultado de la inferencia difusa



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 ANALISIS DE RESULTADOS

Se recolecto mucha información sobre la enfermedad y entre ellas estaba el historial medico de personas que se encontraban en diferentes etapas del cáncer y los tratamientos que estaban siguiendo todos estos, esta información fue proporcionada por el especialista medico junto a mucha información relacionada a la enfermedad.

Se ha probado el prototipo con datos de entrada y variables reales donde se ha podido apreciar que se acerca mucho al diagnostico medico proporcionado por el especialista, teniendo en cuenta que es dificil incluso para un especialista medico dar al paciente un diagnostico medico acertado de manera confiable y rápida, esto lleva mucho tiempo de analisis y pruebas que son analizadas a veces por uno o mas especialistas. Uno de los aspectos mas importantes para los medicos es llegar a un buen diagnostico (estadificacion) ya que existe un nivel muy alto de diagnósticos errados y ha sido este un tema muy preocupante para los medicos de la especialidad, pues este diagnostico será la base para el tratamiento a seguir por el paciente y su posterior curación o mejoría del mismo.

Los resultados obtenidos en el prototipo son mostrados a continuación y son comparados con los resultados del especialista.

TABLA 5.1: Historial de pacientes

<i>DATOS DEL PACIENTE</i>	
Paciente 1	Paciente de edad avanzada 62 años, con tacto rectal patologico, nivel de PSA muy alto 24 n/ml, la biopsia dio positivo y el indice de gleason nos indica que es indiferenciado nivel 8.5, los exámenes complementarios post-biopsia (RMN, TAC) no mostraron resultados claros y se realizaron biopsias complementarias de vesicula seminal, ganglios linfaticos y gammagrafia osea donde los primeros

	dos mostraron resultados positivos y el ultimo negativo.
Paciente 2	Paciente de 67 años con tacto rectal patologico y biopsia de próstata positivo, la TAC y la RMN de NPP y VS muestra que existe metastasis localizado solo en la próstata (confinado), la TAC de ganglios linfaticos no muestra evidencia de metastasis y el indice de gleason es 9 con PSA igual a 22 n/ml.
Paciente 3	Paciente de 83 años, tacto rectal patologico y biopsia positiva los exámenes clinicos (TAC y RMN de ganglios linfaticos) presentan metastasis avanzado, con un indice de gleason igual a 9 y un nivel de PSA muy alto 28 n/ml, no se realizaron biopsias de ganglios linfaticos confirmatorios por la edad del paciente pero se sospecha de cancer metastasico aunque no se realizo la prueba respectiva.
Paciente 4	La edad del paciente es de 58 años, con tacto rectal normal y biopsia positivo, el nivel de PSA es de 12 y el nivel de Gleason es 5 (bien diferenciado), la ecografia transrectal no muestra pruebas claras pero si los exámenes de TAC y RMN que nos indican cancer localizado solo en la próstata sin metastasis. No se ha realizado ningun otro examen mas.

Fuente: Historial medico de pacientes Dr.LFR

Los resultados de los diagnosticos tanto del medico especialista como del sistema experto se muestran a continuación.

TABLA 5.2: Resultados de los Diagnósticos Medico/Sistema

	RESULTADOS	
	DIAGNOSTICO DEL MEDICO	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA
PACIENTE 1	<p>El diagnostico del medico indica un cancer metastasico, el cancer ha sobrepasado los nervios periprostaticos y la vesicula seminal localizandose en los ganglios linfaticos, sin hacer aun metastasis oseas, el cuadro del paciente es muy grave y el tratamiento es solo paliativo.</p>	<p>Luego de introducir los datos en el sistema Diagnosprost, el prototipo infiere un resultado de estadificación igual a 73.4 lo que nos indica claramente que pertenece a la etapa N, la etapa N nos indica un cancer metastasico en ganglios linfaticos y aun no un cancer metastasico oseo, el tratamiento para este paciente el que se sigue para un cancer en esta etapa.</p>
PACIENTE 2	<p>El medico da un diagnostico de cancer localmente avanzado cercana en los nervios circundantes a la glandula prostatica y podria afectar a la vesicula seminal. En opinión del medico la situación del paciente no seria tan grave si no fuese por su avanzada edad, el tratamiento sugerido por el medico indica que solo sera paliativo y no quirurgico por la edad del paciente, principalmente el tratamiento hormonal</p>	<p>El sistema infiere un resultado de 49.7 que significa que el paciente se encuentra en un estadio T3 lo que nos dice que es un cancer localmente avanzado, esto quiere decir que el cancer ha sobrepasado la capsula prostatica y afecta a los nervios periprostaticos y las vesiculas seminales pero aun no a los ganglios linfaticos. El tratamiento de rigor es el que se indica para esta etapa del cancer.</p>
PACIENTE 3	<p>El medico indica cancer con metastasis avanzado y que este</p>	<p>Con los datos del paciente el sistema infiere un resultado de estadificación igual a 96.8</p>

	afecta a los huesos y los ganglios linfáticos, además podría estar afectando a algunos otros órganos del cuerpo como ser el hígado o los pulmones. El tratamiento solo es paliativo temporal.	que corresponde a la etapa M lo que nos indica un cáncer con metastasis a distancia que dice que el cáncer afecta a los ganglios linfáticos y hace metastasis a los huesos en esta etapa solo existen tratamientos paliativos para tratar de aliviar las afecciones del paciente.
PACIENTE 4	El especialista diagnostica un cáncer localizado solo en la próstata y que aun no ha sobrepasado la capsula prostática, confirma que debe realizarse una operación quirúrgica que es la extirpación de la próstata por completo lo más antes posible.	El sistema Dignosprost infiere un resultado de 18.2 que corresponde a la etapa T1 del cáncer, este estadio es el de menor gravedad e indica un cáncer localizado solo en la próstata. El tratamiento correspondiente que indica debe seguirse esta etapa es la de la extirpación quirúrgica de la próstata dependiendo de la edad del paciente o también la espera vigilante del cáncer para ver si evoluciona rápida o lentamente.

Fuente: Diagnostico medico y diagnostico sistema experto

Después de evaluar los resultados vemos que el diagnóstico del estadio del cáncer del paciente por el sistema difuso Dignosprost es muy parecida a la del médico, con la única diferencia que el sistema hace la inferencia en cuestión de segundos, para que este sistema experto infiera resultados lo más aproximado posible a los resultados del experto humano lo mejor será realizar la mayor cantidad de pruebas posibles con los datos reales existentes, para luego comparando los resultados realizar una estructuración al sistema (calibrar estructuras), ya sea en los conjuntos difusos o la base de conocimientos, esto por la facilidad que ofrece el prototipo de desarrollo de Matlab.

La comparación del tiempo que tarda el medico (experto humano) en el momento de realizar la consulta y dar el diagnostico al paciente (persona), este proceso es llamado comparación de consulta en tiempo real, en este caso el Sistema Experto DIAGNOSPROST con el experto humano es notable la diferencia entre ambas tipos diagnósticos, mientras que el experto humano puede tardar varios minutos o hasta horas el sistema experto lo realiza en cuestion de segundos.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSION

Después de haber probado al sistema con datos reales de pacientes con cancer de próstata y haber comparado estos resultados con los del especialista medico, llegamos a la conclusión de afirmar que: El Sistema Experto DIAGNOSPROST mediante la Logica Difusa brinda un diagnostico adecuado para el paciente y ayuda al tratamiento en la especialidad de cancer de próstata.

El diagnostico se establece con rapidez y confiabilidad, siempre que los datos aportados por el paciente en la consulta con el medico sean confiables y suficientes para que el sistema pueda evaluar las variables de entrada e inferir mediante el motor de inferencia y la base de conocimientos un resultado adecuado y confiable que vendrá a ser el diagnostico final y su posterior tratamiento a seguir.

RECOMENDACIONES

Para conseguir un sistema experto mas eficiente y eficaz se deberá probar y evaluar con mas información real de pacientes con cáncer de próstata, los resultados se compararan con los del medico y se realizaran las correcciones necesarias en el sistema y en el prototipo. Estas correcciones o readecuaciones se las realizara principalmente en la base de conocimientos, esto es la base de datos (funciones de pertenencia, valores lingüísticos, etc) y a la base de reglas.

Una de las ventajas que tiene el implementar el prototipo del sistema en el fuzzy toolbox es que se pueden hacer las mejoras y cambios de manera oportuna y rapida hasta conseguir resultados mas óptimos y eficientes ya que los módulos del Fuzzy Toolbox estan diseñados para tal situación.

BIBLIOGRAFÍA

HILERA G., JR, y Martines, V 1995: “Redes Neuronales Artificiales”, Fundamentos, Modelos y Aplicaciones, 390 pags., Addison – Wesley Iberoamericana, México

SALKIND, N.J., Mayo 1999: “Métodos de Investigación”, 3 ED. Prentice, 21-51 pags.

MERCADO, S.H., 1998: “Como Hacer Una Tesis”, ED. McGraw Hill, Edo. De México, 501 pags.

VERA, A., 1987: “Metodología de la Información”, McGraw Hill,

NEBENDAHL, D., 1998: “Sistemas Expertos Introducción a la Técnica y Aplicación”, 1ra. Ed. Barcelona España, 175 pags.

VELASQUEZ, L., 2003: “Apuntes de Sistemas Expertos, Universidad Mayor de San Andrés”, La Paz – Bolivia.

ROLSTON, D., 1998: Sistemas Expertos Introducción a la Técnica y Aplicación, 1ra Ed. Barcelona España.

RICH, E, 1989: Inteligencia artificial y Sistemas Expertos, 1ra Ed. España.

ROLSTON, 1990: “Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos”, 254 Pags., McGraw Hill.

JUAN CARLOS MERLO, 1976, “Diccionario de Ciencias Medicas”, 5ta. Ed., 1664 pags., Tomo I y II, Librería “El Ateneo” Editorial.

RAMIREZ, JA., 1997: “Diagnostico precoz y rentabilidad”, 120 pags., Medicine.

GLOSARIO MEDICO

Andrógeno: cualquier sustancia que produce características físicas masculinas (vello facial, voz profunda). La hormona androgénica principal es la testosterona.

Ano: la abertura en el extremo inferior del recto a través de la cual se eliminan las heces.

Antiandrógeno: medicamento que combate el cáncer de próstata bloqueando la acción de la testosterona.

Antiandrógeno no esteroide: antiandrógenos que no tienen un componente esteroide.

Antígeno específico de la próstata (PSA): sustancia de la sangre que a menudo aumenta en los pacientes con cáncer de próstata u otras enfermedades prostáticas.

Benigno: tumor no canceroso que no se difunde y que no suele ser potencialmente mortal.

Biopsia: muestra pequeña de tejido que se toma y analiza bajo el microscopio buscando cáncer.

Cáncer: nombre para enfermedades en las que las células anormales crecen y se dividen sin control, y posiblemente se difunden a otras partes del cuerpo.

Cápsula: capa de células que cubre un órgano, tal como la próstata.

Castración: tratamiento que suprime la mayor parte de la producción de testosterona. La castración puede lograrse quirúrgicamente (orquiectomía) o médicamente (usando un análogo de LHRH).

Célula: la unidad estructural y funcional básica del organismo.

Densidad de PSA (DPSA): se determina dividiendo la concentración de PSA por el tamaño o volumen de la próstata.

Ecografía transrectal (ET): procedimiento en que se introduce rectalmente una sonda especial que usa ondas de sonido para producir una imagen de la próstata y los órganos circundantes.

Erección: agrandamiento del pene debido a un mayor flujo de sangre; esto ocurre frecuentemente durante el estímulo físico.

Escroto: el saco externo, o bolsa, de piel que contiene los testículos.

Estadio: el tamaño y extensión hasta el cual puede aumentar y difundirse el cáncer.

Eyacuación: expulsar espermatozoides y líquido seminal desde el pene.

Ganglios linfáticos: estructuras pequeñas en forma de frijol, esparcidas a lo largo de los vasos del sistema linfático. Los ganglios linfáticos extraen por filtración o retiran desechos, bacterias y células de cáncer que pueden desplazarse a lo largo del sistema linfático.

Hiperplasia prostática benigna (HPB): agrandamiento no canceroso de la próstata causado por un sobrecrecimiento celular.

Impotencia: incapacidad de tener una erección.

Incontinencia urinaria: incapacidad para controlar el flujo de orina desde la vejiga.

Lesión: término general para cualquier anomalía visible y local de un tejido (por ejemplo, lesión, herida, forúnculo, llaga, erupción cutánea).

Linfa: líquido casi transparente recogido de tejidos de todo el cuerpo y devuelto a la sangre por el sistema linfático. La linfa drena los desechos de las células.

Linfadenectomía: extirpación quirúrgica de los ganglios linfáticos.

Maligno: tumor canceroso que puede crecer y difundirse y ser potencialmente mortal.

Metastásico: cáncer que se ha difundido desde su sitio primario a áreas cercanas o distantes del cuerpo a través del sistema linfático o la sangre.

Oncólogo: médico que se especializa en diagnosticar y tratar el cáncer usando quimioterapia, terapia hormonal o terapia biológica.

Orquiectomía: la extirpación quirúrgica de los testículos, la fuente principal de hormonas masculinas.

Palpable: que puede ser sentido por un médico durante un examen digital rectal.

Patólogo: médico que se especializa en el diagnóstico de la enfermedad al estudiar células y tejidos bajo un microscopio.

Perineo: el área entre el escroto y el ano.

Pronóstico: predicción hecha sobre el posible desenlace de una enfermedad.

Prostatectomía: extirpación quirúrgica de la próstata.

Prostatitis: inflamación de la próstata.

Quimioterapia: tratamiento con medicamentos contra el cáncer que ataca principalmente a las células cancerosas.

Radioterapia: tratamiento para el cáncer de próstata que usa radiación para destruir las células de cáncer y reducir los tumores.

Recto: las últimas 5 a 6 pulgadas (13 a 15 cm) del intestino grueso que conducen al exterior del cuerpo (ano).

Resección transuretral de la próstata (TURP): procedimiento quirúrgico para extirpar el tejido sobrante de la próstata usando un instrumento especial que se introduce a lo largo de la uretra.

Semen: el líquido que es eyaculado durante el orgasmo; contiene los espermatozoides y los líquidos de otras glándulas, entre ellas, la próstata.

Sistema linfático: los vasos que llevan la linfa forman parte de este sistema. Otras partes incluyen los ganglios linfáticos y varios órganos que producen y almacenan células que combaten la infección. Una red de vasos, ganglios, conductos y órganos que ayudan a mantener el ambiente líquido del cuerpo y protegen al cuerpo al producir linfa.

Tejido: agrupación de células especializadas para realizar una función en particular.

Terapia hormonal: en el cáncer de próstata, el tratamiento que interfiere con la producción de hormonas masculinas o que bloquea la actividad de las hormonas masculinas que fomentan el crecimiento del tumor de la próstata.

Testículos: glándulas reproductoras del hombre que producen los espermatozoides y la testosterona.

Testosterona: hormona sexual masculina producida principalmente por los testículos, responsable de las características sexuales de los hombres.

Tratamiento paliativo: tratamiento que se administra para reducir la gravedad del cáncer de próstata avanzado y proporcionar alivio de los síntomas.

Tumor: masa anormal de células que es el resultado de la división y el crecimiento celular sin control y desordenado. Los tumores pueden ser cancerosos (malignos) o no cancerosos (benignos).

Uretra: el tubo que lleva la orina desde la vejiga y el semen desde las glándulas sexuales.

Urólogo: médico que se especializa en enfermedades urinarias y de los órganos sexuales en los varones y de los órganos urinarios en las mujeres.

Vejiga: el órgano hueco que almacena la orina.

Vesículas seminales: bolsas situadas encima de la próstata, que almacenan semen.

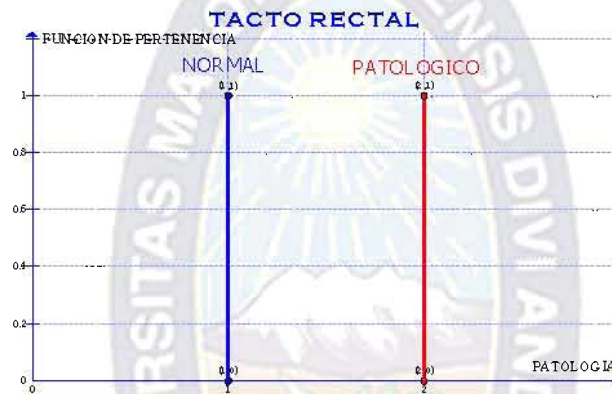
ANEXOS

ANEXO A

CONJUNTOS DIFUSOS Y FUNCIONES DE PERTENENCIA

VARIABLE: TACTO RECTAL

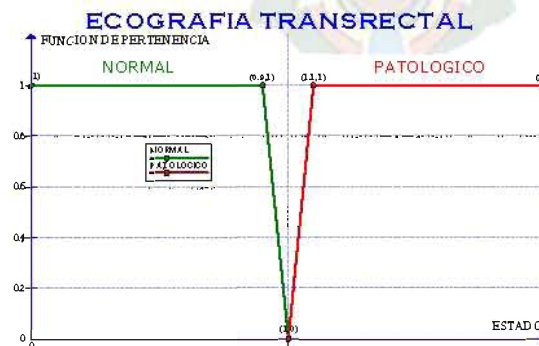
Los conjuntos difusos para el Tacto Rectal son:



FUNCION DE PERTENENCIA: Tacto rectal			
NORMAL	0	si	$x \neq 1$
	1	si	$x = 1$
PATOLOGICO	0	si	$x \neq 2$
	1	si	$x = 2$

VARIABLE: ECOGRAFIA TRANSRECTAL

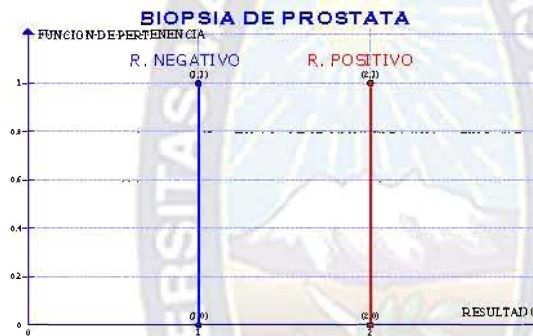
Los conjuntos difusos de la variable Ecografía transrectal son:



FUNCION DE PERTENENCIA: Ecografia Transrectal		
NORMAL	0	si $x \geq 1$
	$(1-x) / 0.1$	si $0.9 \leq x \leq 1$
	1	si $x \leq 0.9$
PATOLOGICO	0	si $x \leq 1$
	$(x-1) / 0.1$	si $1 \leq x \leq 1.1$
	1	si $x \geq 1.1$

VARIABLE: BIOPSIA DE PROSTATA

Los conjuntos difusos de la variable Biopsia de Próstata son:



FUNCION DE PERTENENCIA: Biopsia de Próstata		
R. NEGATIVO	0	si $x \neq 1$
	1	si $x = 1$
R. POSITIVO	0	si $x \neq 2$
	1	si $x = 2$

VARIABLE: INDICE DE GLEASON

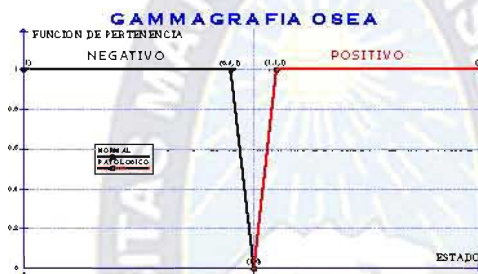
Los conjuntos difusos del Índice de Gleason son:



FUNCION DE PERTENENCIA: Indice de Gleason			
BIEN DIFERENCIADO	0	si	$x \geq 7.5$
	$(7.5-x) / 1.5$	si	$6 \leq x \leq 7.5$
	1	si	$x \leq 6$
INDIFERENCIADO	0	si	$x \leq 6$
	$(x-6) / 2$	si	$6 \leq x \leq 8$
	1	si	$x \geq 8$

VARIABLE: GAMMAGRAFIA OSEA

Los conjuntos difusos de la variable Gammagrafia Osea son:



FUNCION DE PERTENENCIA: Gammagrafia Osea			
NEGATIVO	0	si	$x \geq 1$
	$(1-x) / 0.1$	si	$0.9 \leq x \leq 1$
	1	si	$x \leq 0.9$
POSITIVO	0	si	$x \leq 1$
	$(x-1) / 0.1$	si	$1 \leq x \leq 1.1$
	1	si	$x \geq 1.1$

VARIABLE: ESTATIFICACION

Los conjuntos difusos para esta variable de salida son los siguientes:



ANEXO B

SISTEMAS EXPERTOS GENERALIDADES

LOS EXPERTOS HUMANOS

Un experto humano es una persona que es competente en un área determinada del conocimiento o del saber. Un experto humano es alguien que sabe mucho sobre un tema determinado y que puede dar un consejo adecuado. Esta experiencia sólo se adquiere tras un largo aprendizaje y a base de mucha experiencia. Los expertos humanos tienen las siguientes características generales:

- Son personas raras, tanto por su escaso número como su comportamiento poco “ortodoxo” y e “incomprensible” frente a los problemas con los que se enfrentan.
- Son caros por dos motivos: por su escaso número y por necesitar un largo periodo de aprendizaje.
- No están siempre disponibles, pues son humanos y cuando se jubilan o mueren se llevan con ellos todos sus conocimientos. Es por eso que tradicionalmente están acompañados de un “aprendiz”.
- Hay expertos que tienen mal carácter, son informales o poco comunicativos, lo que a veces les hace antipáticos.

DIFERENCIAS ENTRE UN EXPERTO Y UN NO EXPERTO HUMANO

	<i>EXPERTO</i>	<i>NO EXPERTO</i>
Tiempo de Resolución	Pequeño	Grande
Eficacia Resolutiva	Alta	Baja
Organización	Alta	Baja
Estrategias y Tácticas	Sí	No
Búsqueda de Soluciones	Heurística	No Heurística
Cálculos Aproximados	Sí	No

Tabla 1: Diferencias entre un experto y un no experto humano.

DIFERENCIAS ENTRE UN SE Y UN PROGRAMA TRADICIONAL

	<i>SISTEMA EXPERTO</i>	<i>PROGRAMA TRADICIONAL</i>
Conocimiento	En programa e independiente	En programa y circuitos
Tipo de datos	Simbólicos	Numéricos
Resolución	Heurística	Combinatoria
Def. problema	Declarativa	Procedimental
Control	Independiente. No secuencial	Dependiente. Secuencial
Conocimientos	Imprecisos	Precisos
Modificaciones	Frecuentes	Raras
Explicaciones	Sí	No
Solución	Satisfactoria	Óptima
Justificación	Sí	No
Resolución	Área limitada	Específico
Comunicación	Independiente	En programa

Tabla 2: Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional.

DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN EXPERTO HUMANO

	<i>SISTEMA EXPERTO</i>	<i>EXPERTO HUMANO</i>
Conocimiento	Adquirido	Adquirido + Innato
Adquisición del conocimiento	Teórico	Teórico + Práctico
Campo	Único	Múltiples
Explicación	Siempre	A veces
Limitación de capacidad	Sí	Sí, no valuable
Reproducibile	Sí, idéntico	No
Vida	Infinita	Finita

Tabla 3: Diferencias entre un Sistema Experto y un Experto Humano.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Las ventajas que se presentan a continuación son en comparación con los expertos humanos:

- Están siempre disponibles a cualquier hora del día y de la noche, y de forma interrumpida.
- Mantiene el humor.
- Pueden duplicarse (lo que permite tener tantos SE como se necesiten).
- Pueden situarse en el mismo lugar donde sean necesarios.
- Permiten tener decisiones homogéneas efectuadas según las directrices que se les fijen.
- Son fáciles de reprogramar.
- Pueden perdurar y crecer en el tiempo de forma indefinida.
- Pueden ser consultados por personas o otros sistemas informáticos.

FORMA EN QUE LOS USUARIOS INTERACTÚAN CON LOS SE

El usuario de un SE puede estar operando en cualquiera de los siguientes modos:

- ***VERIFICADOR.*** El usuario intenta comprobar la validez del desempeño del sistema.
- ***TUTOR.*** El usuario da información adicional al sistema o modifica el conocimiento que ya está presente en el sistema.
- ***ALUMNO.*** El usuario busca rápidamente desarrollar pericia personal relacionada con el área específica mediante la recuperación de conocimientos organizados y condensados del sistema.
- ***CLIENTE.*** El usuario aplica la pericia del sistema a tareas específicas reales.

SISTEMA EXPERTO VS. SISTEMA CLÁSICO

La siguiente tabla compara las características de ambos tipos de sistemas

Sistema Clásico	Sistema Experto
Conocimiento y procesamiento combinados en un programa	Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento
No contiene errores	Puede contener errores
No da explicaciones, los datos sólo se usan o escriben	Una parte del sistema experto consiste en el módulo de explicación
Los cambios son tediosos	Los cambios en las reglas son fáciles
El sistema sólo opera completo	El sistema puede funcionar con pocas reglas
Se ejecuta paso a paso	La ejecución usa heurísticas y lógica
Necesita información completa para operar	Puede operar con información incompleta
Representa y usa datos	Representa y usa conocimiento

Tabla 4: Cuadro comparativo entre un Sistema Clásico y un Sistema Experto

METODOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS

METODOLOGÍA DE PROTOTIPOS

En el desarrollo de Sistemas Expertos se nos plantean dos importantes riesgos:

1. No existen implementaciones similares que puedan servir de orientación al encargado del desarrollo en casi la totalidad de los casos.
2. En muchos puntos, los requisitos necesarios están esbozados con muy poca precisión.

El diseño y la especificación requieren una temprana determinación de la interfaz del software y de la funcionalidad de los componentes. Durante el desarrollo, resulta apropiado

empezar con implementaciones tipo test para encontrar el camino hacia una solución definitiva y para hacerlas coincidir con las necesidades del usuario.

Un método efectivo es la implementación de un prototipo de Sistema Experto que permita llevar a cabo las funciones más importantes de éste, aunque con un esfuerzo de desarrollo considerablemente inferior al de una implementación convencional. Este proceder se define bajo el nombre de ‘Rapid Prototyping’. Para Sistemas Expertos, el ‘Rapid Prototyping’ es el procedimiento más adecuado, pues posibilita una rápida reacción a los deseos en constante cambio tanto por parte de los expertos como parte del usuario.

METODOLOGÍA ORIENTADA A OBJETOS

La programación orientada a objetos (OOP en adelante) es un tipo de programación que provee una manera de modularizar programas estableciendo áreas de memoria particionadas para datos y procedimientos, que pueden ser usadas como plantillas para crear copias de tales módulos conforme se requieran.

Cada área de memoria a la que se refiere en el párrafo anterior es conocida como *clase*, mientras que las copias creadas a partir de la clase son llamadas *objetos*. La OOP tiene varias propiedades, entre las cuales destacan:

- ***Abstracción.*** Permite enfocarse en la solución general del problema, sin preocuparse de los detalles.
- ***Encapsulación.*** Es el concepto de que un objeto debería tener separada su interfaz de su implementación. Es decir, un objeto es visto como una “caja negra”.
- ***Polimorfismo.*** Significa que un objeto se puede comportar de diversas maneras, dependiendo del contexto en el que se encuentre.
- ***Herencia.*** Significa que se pueden crear clases que “hereden” el comportamiento de una o más clases padre; y que además añadan su propio comportamiento.

