

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



TESIS GRADO

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO Y
TRATAMIENTO DE LAS DIFICULTADES DE
DESARROLLO EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS BASADO
EN LOGICA DIFUSA”**

PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

POSTULANTE: Carmen Reyna Arias Álvarez

TUTOR METODOLOGICO: LIC. GROVER ALEX RODRIGUEZ RAMIREZ

ASESOR: M. Sc. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO

LA PAZ – BOLIVIA

2015



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



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

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

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

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

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

DEDICATORIA

*A Dios, por estar conmigo y no abandonarme en las momentos más difíciles.
A mis Abuelitos, que me apoyaron como si fueran mis padres,
Hipólito y Berna, gracias al esfuerzo que hicieron, puede terminar mis estudios.
A mis Tíos y a mamá, que fueron parte importante en mi formación, por
orientarme y ayudarme.*

Carmen Reyna Arias Álvarez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por estar conmigo y darme la fuerza para seguir adelante, por enviar ángeles en mi camino en los momentos más difíciles, para darme una luz de esperanza en mi corazón.

A la Sociedad Científica Estudiantil de FCPN, por la oportunidad que me dio de formarme de manera íntegra, darme más seguridad, crecer como persona y conocer de manera más profunda a las carreras que tiene la facultad.

A los compañeros de la Sociedad Científica Estudiantil de FCPN, Marco, José, Alex, Roger, Ramiro, Grover, Fernando, Israel, Juan Carlos, Tania, Erick, Lupe, Cristal, Milton, María, Rosemary, Edwin; por ser mis amigos y por el apoyo brindado en las actividades de la sociedad.

Agradezco mi asesor M. Sc. Aldo Valdez, por la paciencia, por su tiempo para guiarme en la ejecución de este proyecto y darme las claves para conseguir finalizarlo con éxito.

A mi tutor Lic. Grover Rodríguez, que me colaboro con toda su capacidad y conocimiento, brindando su tiempo y paciencia en la realización de la presente Tesis.

Por último agradezco a todos los docentes y compañeros de las seis carreras de la facultad, gracias por el apoyo y amistad en la Universidad.

A todos, GRACIAS

INDICE

CAPITULO I	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2.2. DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	5
1.2.3. TRABAJOS SIMILARES	6
1.2.4. LISTA DE PROBLEMAS	7
1.2.5. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	8
1.3. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	8
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.4. HIPÓTESIS.....	8
1.4.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	9
1.5. JUSTIFICACIÓN	10
1.5.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	10
1.5.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	10
1.5.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA	10
1.6. LIMITES.....	11
1.7. METODOLOGÍA.....	12
CAPITULO II	13
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	13
2.1.1. SUBCAMPOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	14
2.2. SISTEMA EXPERTO.....	16
2.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA EXPERTO Y EL EXPERTO HUMANO	17
2.2.2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO.....	18
2.2.3. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS.....	26
2.2.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES	27
2.2.5. EQUIPO DE DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO	27

2.3.	REPRESENTACION DE CONOCIMIENTO.....	28
2.3.1.	SISTEMAS BASADOS EN REGLAS DE PRODUCCIÓN	29
2.3.2.	REGLAS DE PRODUCCION	29
2.3.3.	REGLAS DE INFERENCIA	30
2.3.4.	CONTROL DE RAZONAMIENTO	31
2.4.	METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	31
2.4.1.	METODOLOGÍA DE BUCHANAN.....	32
2.5.	LÓGICA DIFUSA.....	35
2.5.1.	CONJUNTOS DIFUSOS.....	37
2.5.2.	FUNCIONES DE PERTENENCIA	40
2.5.3.	VARIABLE LINGUISTICA.....	42
2.5.4.	INFERENCIA BORROSA.....	43
2.6.	TECNOLOGÍA DE SOFTWARE	47
2.6.1.	LENGUAJE PROLOG.....	47
2.6.2.	ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA EN PROLOG.....	48
2.6.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PROLOG	48
2.7.	DIFICULTADES DE DESARROLLO	49
2.7.1.	AREAS DE DESARROLLO DE UN NIÑO	49
2.7.2.	CAUSAS PARA LAS DIFICULTADES EN EL DESARROLLO	50
2.7.3.	DIAGNOSTICO DE LAS DIFICULTADES O RETRASOS EN EL DESARROLLO	51
2.7.4.	INDICADORES DE DESARROLLO	53
2.7.5.	TRATAMIENTO DE LAS DIFICULTADES EN EL DESARROLLO.....	53
CAPITULO III		55
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	55
3.1.	INTRODUCCIÓN	55
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO PROPUESTO	55
3.3.	FASE 1 - IDENTIFICACIÓN	58
3.3.1.	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	58
3.3.2.	BUSQUEDA DE UN EXPERTO.....	58
3.3.3.	COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO	59
3.4.	FASE 2 - CONCEPTUALIZACIÓN	59
3.4.1.	ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO	60

3.4.2.	PREPARACION DE LA ENTREVISTA.....	60
3.4.3.	SESIONES DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	61
3.4.4.	IDENTIFICACION Y DEFINICION DE VARIABLES.....	63
3.5.	FASE 3 - FORMALIZACION	66
3.5.1.	BASE DE CONOCIMIENTO	67
3.5.2.	MOTOR DE INFERENCIA.....	78
3.5.3.	FUZZIFICACION	79
3.5.4.	DESFUZZIFICACION DE LAS VARIABLES.....	84
3.6.	FASE 4 - IMPLEMENTACION	86
3.6.1.	MODULO DE EXPLICACIÓN	87
3.6.2.	INTERFAZ DE USUARIO	87
3.7.	FASE 5 - PRUEBA O TESTEO	92
CAPITULO IV		93
4.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	93
4.1.	INTRODUCCIÓN	93
4.2.	RECOLECCIÓN DE LOS DATOS	93
4.2.1.	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	93
4.3.	ANALISIS DE DATOS.....	96
4.4.	DESMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS	98
4.5.	RESUELVE EL PROBLEMA.....	99
CAPITULO V		100
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
5.1.	CONCLUSIONES	100
5.1.1.	ESTADO DE LOS OBJETIVOS	101
5.1.2.	ESTADO DE LA HIPÓTESIS	102
5.2.	RECOMENDACIONES	103
FUENTES DE INFORMACIÓN.....		104

Índice de Figuras

Figura 2 1: Estructura Básica del Sistema Experto	18
Figura 2 2: Motor de Inferencia	22
Figura 2 3: Relación del Equipo de Desarrollo del Sistema Experto	28
Figura 2 4: Modus Ponendo Ponens	30
Figura 2 5: Modus Tollendo Tollens	30
Figura 2 6: Metodología Buchanan	32
Figura 2 7: Interrelación Metodología Buchanan	35
Figura 2 8: Grafica de una Función de Pertenencia a un Conjunto Difuso	38
Figura 2 9: Conjuntos Difusos sobre la Variable Lingüística Altura.....	40
Figura 2 10: Representación Gráfica de Pertenencia.....	41
Figura 2 11: Función Triangular.....	41
Figura 2 12: Función Trapezoidal	42
Figura 2 13: Inferencia Borrosa.....	43
Figura 2 14: Evaluación del Antecedente en Cada Regla	45
Figura 2 15: Obtener la Conclusión en Cada Regla	46
Figura 2 16: Agregar Conclusiones.....	46
Figura 2 17: Desborrosificación (defuzzify).....	47
Figura 3. 1: Estructura del Sistema Experto para las Dificultades de Desarrollo	56
Figura 3.2: Proceso de Desarrollo del Sistema Experto Propuesto.....	57
Figura 3. 3: Formalización del Sistema Experto	67
Figura 3. 4: Árbol de Decisión	71
Figura 3. 5: Conjunto difuso de la variable dificultad motora.....	79
Figura 3. 6: Valores de la variable dificultad motora	80
Figura 3. 7: Conjunto difuso de la variable dificultad cognitiva.....	80
Figura 3. 8: Valores de la variable dificultad cognitiva.....	81
Figura 3. 9: Conjunto difuso de la variable dificultad socio-afectiva	81
Figura 3. 10: Valores de la variable dificultad socio-afectiva.....	82
Figura 3. 11: Conjunto difuso de la variable dificultad del lenguaje.....	82
Figura 3. 12: Valores de la variable dificultad del lenguaje	83
Figura 3. 13: Conjunto difuso de la variable síntoma.....	83
Figura 3. 14: Valores de la variables síntomas	84
Figura 3. 15: Pantalla de ingreso al Sistema.....	88
Figura 3. 16: Pantalla Edad del niño.....	89
Figura 3. 17: Pantalla de Preguntas.....	89
Figura 3. 18: Pantalla de Preguntas Área Motora	90
Figura 3.19: Pantalla de Preguntas Área Cognitiva.....	90
Figura 3. 20: Pantalla de Preguntas Área de Lenguaje.....	91
Figura 3.21: Pantalla Área Socio-afectiva.....	91
Figura 3. 22: Pantalla de Diagnostico	92
Figura 3. 23: Tratamiento Área de Desarrollo.....	92

Índice de Tablas

Tabla 1. 1: Áreas de Aplicación de los Sistemas Expertos.....	5
Tabla 1. 2: Escala de Ruiz.....	9
Tabla 2. 1: Relación Entre el Pensar Humano y Racional.....	14
Tabla 2. 2: Diferencia entre Experto Humano y Sistema Experto.....	18
Tabla 3. 1 Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Motora	64
Tabla 3. 2: Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Socio- Afectiva.....	64
Tabla 3. 3: Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Lenguaje	65
Tabla 3. 4: Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Cognitiva.....	65
Tabla 3. 5: Variables de Salida Diagnostico del Sistema Experto	66
Tabla 3. 6: Variables de Salida Tratamiento del Sistema Experto.....	66
Tabla 3. 7: Variables Lingüísticas del Sistema Experto.....	68
Tabla 3. 8: Lista de Hechos del Sistema Experto	70
Tabla 3. 9: Reglas del Sistema Experto.....	75
Tabla 3. 10: Conclusiones del Sistema	75
Tabla 3. 11: Actividades de Estimulación - Tratamiento.....	78
Tabla 3. 12: Requerimientos Mínimos Software.....	86
Tabla 3. 13: Requerimientos Mínimos Hardware	87
Tabla 4. 1: Resultados de la Prueba	96

RESUMEN

Los Sistemas Expertos que se derivan de la rama de investigación que se denomina Inteligencia Artificial. 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.

En la presente Tesis se presenta el desarrollo de un “Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años basado en lógica difusa”, que tiene como principal objetivo contribuir a la detección oportuna de las dificultades de desarrollo que se pueden presentar en la primera infancia, comprendida en los primeros años, los cuales se presentan en las áreas de desarrollo cognitiva, motora, socio-afectiva y el lenguaje. Para la detección se utiliza los indicadores de desarrollo que se tiene para cada área de desarrollo, los que permiten determinar si un niño presenta alguna dificultad, si alguno no se ha cumplido o no realiza el niño todavía para la edad que tiene, entonces se establece que se tiene una dificultad o un retraso en el desarrollo y se debe realizar un tratamiento o puede ser derivado a un especialista en caso de ser grave el retraso o dificultad. El Sistema Experto, con los módulos de 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 es codificada el conocimiento del especialista humano; el motor de inferencia difuso es el que recibe las entradas y evalúa las reglas a utilizar para finalmente inferir un resultado, que en este caso es un diagnóstico para el niño y su posterior tratamiento a seguir.

Palabras claves: Sistema Experto, lógica difusa, dificultades de desarrollo y Buchanan.

ABSTRACT

Expert systems derived from the research arm called Artificial Intelligence. The objective of the Expert Systems, is to understand and emulate human intelligence and reasoning processes for logical inference models and eventually develop computer applications that represent such intelligence.

In this thesis the development of an "expert system for the diagnosis and treatment of developmental difficulties in children under five years based on fuzzy logic", whose main objective is to contribute to the early detection of developmental difficulties presented that can occur in early childhood, including in the early years, which are presented in the areas of cognitive development, motor, social-emotional and language. For detection development indicators that we have for each development area is used, for determining whether a child has some difficulty, if one has not been fulfilled or not by the child yet to his age, then it sets you have a difficulty or developmental delay and should do a treatment or can be referred to a specialist if severe delay or difficulty. The Expert System with modules fuzzifier and defuzzifier that are transforming the actual values in fuzzy sets by membership functions and vice versa, has a knowledge base where the database and the rule base is where it is encoded knowledge of human specialist; fuzzy inference engine is the one that receives inputs and evaluates the rules used to infer eventually result in this case is a diagnosis for the child and their subsequent treatment to follow.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN

Se ha observado que el desarrollo de las personas varía ya sea por su ambiente o por un retraso, esto ocurre debido al descuido o la poca información que tienen los padres o responsables, con respecto de cómo se debe desarrollar los niños y el poder determinar problemas y enfermedades a temprana edad. En los últimos años, se han realizado investigaciones en las ciencias neurobiológicas, del comportamiento y sociales, que han llevado a alcanzar grandes avances para la comprensión de los factores que influyen en el bienestar de los niños.

Se establecen que las experiencias durante la primera infancia moldean el desarrollo del cerebro, y que las actitudes, capacidades, emociones, y habilidades sociales se desarrollan a lo largo de los primeros años de vida. Los niños no se desarrollan a la misma edad, pero existen parámetros o guías que nos ayudan a identificar posibles dificultades. Esta información que se tiene de los expertos no es fácil de acceder para los padres o responsables, ya que la consulta a un especialista es poco accesible y a un alto costo.

La tecnología ha permitido realizar cambios en nuestro país, debido a que el desarrollo de aplicaciones On-Line están cobrando mayor fuerza en todas las instituciones, donde es necesario tener la información en línea. Se han ido desarrollando aplicaciones, que facilitan y apoyan en las diferentes actividades que se realizan las personas, ya sea en su trabajo o en el hogar.

El incluir el desarrollo de un sistema experto en una aplicación, permite al usuario acceder de manera fácil y rápida al conocimiento de un experto además de dar a la aplicación una mayor funcionalidad y un mejor uso, con un costo bajo. Estos sistemas orientan, diagnostican, en base a la información emitida por el usuario el mismo es analizado y basándose en su base de conocimientos que se tiene del experto, este da una respuesta.

En el presente proyecto se propone el desarrollo de un Sistema Experto que sirva de apoyo para detectar oportunamente las dificultades o retrasos que puede tener en su desarrollo los niños menores a 5 años y realizar un tratamiento con actividades o juegos que permitan la estimulación oportuna para superar dicha dificultad, con el objetivo de que la información de un experto pueda ayudar a mejorar el desarrollo físico intelectual de un niño, este estará disponible en aplicación el cual podrá ser fácil de acceder para los padres o responsables de los niños.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. ANTECEDENTES

El desarrollo de un individuo es un fenómeno continuo que se inicia en el momento de la concepción y culmina al final de la pubertad, período durante el cual se alcanza la madurez en sus aspectos: físico, psicosocial y reproductivo. El fortalecer el crecimiento y desarrollo de un niño, es muy importante para formar mejores individuos, pero lamentablemente estudios realizados en nuestro país, se tiene que en Bolivia la mortalidad infantil es la más alta de la región, 50 de cada 1.000 nacidos vivos, y es el resultado de condiciones adversas de desarrollo, nutrición y salud que provienen desde la concepción. La desnutrición crónica en menores de 24 meses alcanza un 21% y llega a cerca del 44% en regiones rurales e indígenas. La anemia por deficiencia de hierro afecta al 57% de la población infantil rural y al 61% de los niños del altiplano. Si bien no hay datos, es probable que existan rezagos importantes en el desarrollo cognitivo y psicosocial en los primeros años, efecto de la desnutrición y la falta de servicios de estimulación temprana. Estas carencias se traducen en deficiencias de aprendizaje, producto del retraso en el desarrollo psicomotriz, del lenguaje y de la capacidad de razonamiento. (BID, 2008)

En trabajos publicados en 2008 en la revista científica The Lancet, se señala que los daños provocados por la desnutrición en los primeros años de vida no solamente llevan a rezagos permanentes, sino que además pueden afectar a las generaciones futuras. Además, el entorno y estado socioeconómico del hogar incluye las oportunidades de desarrollo físico y mental desde el nacimiento, poniendo en desventaja aquellos niños que nacen en hogares con bajo estado socioeconómico y que no tienen acceso a servicios adecuados de desarrollo infantil. (BID B. I., 2008)

Las intervenciones integrales que se realizan abarcan la salud, la nutrición, la estimulación temprana y la educación de los padres o responsables. Las experiencias proveen un sólido sustento de la efectividad de diferentes modalidades operativas de atención en centros infantiles y en salas de estimulación temprana especializadas que ofrecen tratamiento profesional temporal a niños con rezagos clínicos en lenguaje, motricidad u otros, si bien no existen evaluaciones de impacto publicadas en el ámbito académico, diferentes países implementan esta modalidad con una cobertura y calidad creciente.(BID, 2008)

El Ministerio de Justicia destaca el Programa de Atención a Niños y Niñas menores de 6 años (PAN) con aproximadamente 6% de cobertura a estos menores. Aparte de la baja cobertura, el programa se caracteriza por una implementación por municipios, bajo la supervisión de las gobernaciones departamentales, lo cual lleva a una fragmentación de servicios con diferentes y variadas intervenciones PAN, según la realidad departamental y municipal correspondiente, y sin estándares de calidad claros ni uniformes, lo cual dificulta la conceptualización del PAN como un verdadero programa nacional. Los retos de calidad incluyen la falta de estándares de calidad, de componentes de estimulación brindados por personal capacitado, y de un sistema efectivo de registro de beneficiarios y monitoreo de la cobertura y calidad a nivel nacional. Por lo tanto, el PAN cumple una función de guardería más que de desarrollo infantil integral. (BID, MAYO, 2010)

Debido a que el gobierno y otras instituciones no pueden brindar atención oportuna a los niños en su desarrollo, los padres, responsables o toda aquella persona que esté a cargo de un niño menor a cinco años, deben ayudar a mejorar el desarrollo del niño. Se sabe que los mayores cambios neuronales se producen en la infancia, pero sobre todo en los primeros años de la vida. Por ello, el conocimiento de estos procesos es básico, para que los padres o responsables de los niños entiendan la importancia de la educación, atención y estimulación en el desarrollo del cerebro de sus hijos. La pasividad de los padres o responsables limitada a la propia alimentación del niño, sin adecuar el medio ambiente al desarrollo cerebral infantil que tendrá repercusiones negativas en el futuro cognitivo, profesional y social de su descendencia.

Si los padres o responsables, son capaces de llevar a cabo una estimulación adecuada en la que consigan niños calmados y tranquilos pero con una buena actividad, movimiento, interés por las cosas, mediante los recursos ambientales que tienen a su alrededor (visuales, táctiles, auditivos, de movimientos, espaciales, afectivos, emocionales...) mantendrán un buen desarrollo cerebral. También evitarán consecuencias neurobiológicas negativas para el cerebro en formación del niño, que pueden tener consecuencias negativas en el futuro desarrollo cognitivo, mental y emocional. Las habilidades o capacidades cognitivas y emocionales del futuro niño van a depender de la interacción con el medio ambiente de la primera infancia, es decir la relación con los responsables. (Rodríguez, 2009)

No quiere decir que los padres o responsables a cargo deban ser pediatras o, en su defecto, expertos en puericultura (el arte de la crianza). Es un aspecto básico, el conocer la evolución infantil para tener la certeza de las habilidades y destrezas que irá aprendiendo a lo largo de los meses y años. De esta manera se puede ofrecer la estimulación adecuada para optimizar la evolución del pequeño. “Por lo menos debemos tener una escala de desarrollo de cerca, para que las familias puedan ver cómo va el niño, atenderlo oportuna y adecuadamente”.

Cuando los padres o responsables conocen las habilidades que los niños adquieren en cada edad, es mucho más sencillo y rápido detectar si algo no funciona como debería. A esto se le conoce como signos de alerta o alarmas tempranas del desarrollo, las consecuencias de no detectar son los problemas del lenguaje, retraso mental, parálisis cerebral infantil, epilepsia, hipoacusias, trastornos visuales, coordinación, alguna enfermedad o accidente grave, por eso útil para detectar y tratar a tiempo las dificultades de los pequeños, aconsejan los expertos. (Rodríguez, 2009)

Las dificultades del desarrollo constituyen un grupo importante de los problemas pediátricos, la falta de la detección oportuna ocasiona rezagos clínicos en lenguaje, retraso mental, parálisis cerebral infantil, epilepsia, hipoacusias, trastornos visuales, coordinación, alguna enfermedad o accidente grave, el tratamiento es en ocasiones de por vida.

1.2.2. DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

El desarrollo de los sistemas expertos empieza a finales de los años 70, ya la universidad de Stanford se creó Mycin, un sistema experto que tenía como objetivo detectar trastornos en la sangre y recetar los medicamentos necesarios, teniendo en cuenta incluso la edad, talla y peso del paciente; en ese entonces tuvo mucho éxito y se usaron en varios hospitales.

Se establece que un sistema experto, puede resolver problemas y responder preguntas de manera mucho más rápida que un experto humano, por ello podríamos decir que son muy valiosos en casos en los que el tiempo es escaso.

Así se desarrollaron los sistemas expertos para diferentes especialidades médicas, los cuales permiten crear aplicaciones que son diseñados para actuar como expertos en un dominio particular. Un sistema experto se basa en el conocimiento declarativo (hechos sobre objetos, situaciones) y el conocimiento de control (información sobre el seguimiento de una acción). Se aplican generalmente en la medicina, la planificación, control, simulación, instrucción, recuperación de información y muchas aéreas más. A continuación se muestra un cuadro ilustrativo: (Chuquimia, 2013)

Química	Informática	Aeronáutica
Geología	Arqueología	Agricultura
Electrónica	Transporte	Educación
Medicina	Industria	Finanzas y Gestión
Militar	Derecho	Telecomunicaciones

Tabla 1. 1: Áreas de Aplicación de los Sistemas Expertos

Fuente:(Chuquimia, 2013)

Los sistemas expertos se aplican como ya se explicó en diversas áreas, algunos ejemplos de las aplicaciones ya creadas por expertos, para facilitar el trabajo y facilitar sobretodo una toma de decisiones apropiada y son:

➤ **Sistemas Expertos usados en Química:**

CRYSSALIS: Interpreta la estructura tridimensional de una proteína.

TQMSTONE: Remediar es espectrómetro masivo triple y cuádruple Toms.

SECS: Diseña moléculas orgánicas complejas.

- **Sistemas Expertos usados en Electrónica:**
 - ACE: Diagnostica fallas en las redes telefónicas.
 - IN.ATE: Diagnostica fallas en el osciloscopio.
 - NDS: Diagnostica la red de comunicaciones nacional.
 - REACTOR: Diagnostica remediar accidentes de reactor.
 - STEAMER: Instruir en operación, planta de energía a vapor.

- **Sistemas Expertos usados en Medicina:**
 - PUFF: Diagnostica enfermedades en los pulmones.
 - VM: Supervisa pacientes en terapia intensiva.
 - ABEL: Diagnostica electrolitos acido-base.
 - ANNA: Supervisa terapia de los dedos.
 - AICOAG: Diagnostica enfermedades de la sangre.

- **Sistemas Expertos usados en Geología:**
 - DIPMETER: Interpreta los registros del medidor de profundidad.
 - LITHO: Interpreta los datos de registro de pozos petroleros.

- **Sistemas Expertos usados en Computación:**
 - PTRANS: Dar diagnostico para la administración de computadoras.
 - BDS: Diagnosticar partes deficientes en la red de conmutación.

1.2.3. TRABAJOS SIMILARES

Realizando una búsqueda en la Biblioteca de la Carrera de Informática, de la Facultad de Ciencias Puras de la Universidad Mayor de San Andrés, se ha encontrado tesis relacionadas con tema:

- **TESIS DE GRADO: "TUTOR INTELIGENTE DE FORMACIÓN TIC PARA PADRES DE NIÑOS DE 3 A 11 AÑOS"**, realizado por Rosmery Flora Claros Mollisaca en el año 2012, el Objetivo General: Desarrollar un sistema experto, que ayude como una herramienta de apoyo a los padres y les permitan enseñar a sus hijos los riesgos y ventajas que proporcionan estas tecnologías TIC. La mayor parte de los padres tienen la responsabilidad de educar a sus hijos en el

ámbito de las nuevas tecnologías de información y comunicación; utiliza para ello la lógica difusa como herramienta.

- **TESIS DE GRADO: "SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO DE DESNUTRICIÓN EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS"**, realizado por Ubner Escobar Merma en el año 2007, el Objetivo General: Desarrollar un sistema experto, que coadyuve como una herramienta al profesional en desnutrición y proporcionar diagnósticos de desnutrición de un niño de acuerdo a los síntomas que presente este y evitar mayores complicaciones utilizando la lógica difusa.
- **TESIS DE GRADO: "SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS EN NIÑOS MENORES A 5 AÑOS BASADO EN LÓGICA DIFUSA"**, realizado por Alfredo Jorge Enríquez Salinas en el año 2012, el Objetivo General: Desarrollar un sistema experto, que ayude al profesional en pediatría y proporcionar diagnósticos de las EDAs de un niño, en base a los síntomas que presente este y evitar complicaciones, para ello se utiliza como herramienta la lógica difusa.

1.2.4. LISTA DE PROBLEMAS

Se realiza un listado de causa y efecto para mejor comprensión de los problemas que surgen.

- Los padres o responsables debido a su poco conocimiento, no detectan oportunamente los problemas de desarrollo.
- Acceder a una consulta con el experto para el diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo, tiene un costo poco accesible.
- La falta de detección oportuna de las dificultades de desarrollo que presenta el niño, ocasiona un retraso clínico en el lenguaje, la motricidad.
- Como el conocimiento del experto no es fácil de acceder, los padres y/o responsables, no conocen cuales son los signos de alerta temprana del desarrollo.
- Los padres o responsables no detectan las dificultades de desarrollo, debido a que no existe un sistema o herramienta que les ayude a detectar oportunamente y el posible tratamiento a seguir.

1.2.5. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo diagnosticar y tratar las dificultades que tiene en su desarrollo el niño menor a 5 años, y que este diagnostico sea confiable para un buen tratamiento?

1.3. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de Sistema Experto, para el diagnostico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, que permita a los padres o responsables detectar oportunamente estas dificultades.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Lograr que los padres o responsables, detecten las dificultades del desarrollo del niño y les permita hacer el tratamiento oportuno, con el uso del sistema experto.
- Diseñar una interfaz de usuario que sea amigable y agradable, para captar y motivar el interés de los padres o responsables, quienes serán los usuarios.
- Recolectar información sobre el conocimiento, experiencia y/o criterio del experto humano (Pediatría) empleando entrevistas.
- Desarrollar un prototipo del sistema experto para el diagnostico y tratamiento de las dificultades de desarrollo de niños menores a 5 años.
- Desarrollar una Base de conocimiento que permitirá al motor de inferencia emitir posibles soluciones o respuestas a partir de los datos y/o referencias que proporciona el usuario.

1.4. HIPÓTESIS

H₀: "El uso de la lógica difusa en el Sistema Experto para el diagnostico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, brinda un diagnostico y tratamiento con una confiabilidad, de al menos un 90%".

Es necesario explicar por qué se toma 90% como referencia para plantear la hipótesis. Por ello se toman los valores de la interpretación del coeficiente de la confiabilidad, que van desde cero hasta cien. Carlos Ruiz proporciona una escala sobre

confiabilidad (Tabla 1.2), la cual se puede usar como una forma de interpretar una valoración de un coeficiente de confiabilidad.

Rangos	Valoración
81% a 100%	Muy alta
61% a 80%	Alta
41% a 60%	Moderada
21% a 40%	Baja
1% a 20%	Muy Baja

Tabla 1. 2: Escala de Ruiz
Fuente: (Chuquimia M. , 2013)

Entonces, se considera satisfactorio o aceptable si el coeficiente de confiabilidad es mayor o igual a 0,81 pues según la tabla 1.2 la valoración para este rango es muy alta, finalmente asumimos que es satisfactoriamente confiable.

Ahora bien, veamos con detenimiento el rango en el que nos vamos a posicionar, que es de 81 a 100, si tomamos un promedio, se estaría hablando de un 90%, que parece ser un porcentaje intermedio dentro del rango al que pertenece e igualmente satisfactorio.

1.4.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En base a la hipótesis planteada, se puede identificar una variable independiente X, la variable dependiente Y, y una variable interviniente C.

$$Y=X+C$$

Variable Dependiente= Variable Independiente + Variable Interviniente

Variable Dependiente Y: Es el sistema experto de diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años.

Variable Independiente X: Dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años.

Variable Interviniente C: Es la lógica Difusa.

1.5. JUSTIFICACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El sistema experto de diagnóstico y tratamiento de dificultades del desarrollo en niños menores a 5 años, apoyará el diagnóstico del experto (pediatra) y los tratamientos posibles que se pueden aplicar. Con esta tesis se busca prevenir y mejorar el desarrollo del niño en su primera infancia, pudiéndose establecer el grado de afectación de las dificultades y tratarlos oportunamente para evitar consecuencias en el futuro. También beneficia a los padres, instituciones responsables de niños (orfanatos, hogares temporales) y otras personas a cargo en niños menores a 5 años, ya que es muy importante que tengan conocimiento de cómo es el desarrollo y como deben ayudarlos.

El sistema experto puede ser utilizado para realizar las operaciones que son consideradas monótonas, aburridas para los expertos o para quienes tienen la responsabilidad de realizarlos.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El Sistema Experto de diagnóstico y tratamiento de dificultades del desarrollo en niños menores a 5 años, podrá reducir los gastos de consultas médicas a un especialista y hacerlas accesibles a los padres o responsables de los niños, que son de bajos recursos. El ahorro de invertir en terapias que duran mucho tiempo, además les permitirá acceder al conocimiento del experto y realizar los tratamientos al niño. Es por ello que se plantea el presente trabajo como ayuda a los padres o responsables, que necesitan acceder a la información, que gracias a la difusión de la tecnología no requiere mucha inversión.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

Se planteará un modelo de lógica difusa para el sistema experto que pueda ser útil y así poder ser usada para el diagnóstico y tratamiento de otras enfermedades además de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años.

La presente tesis es la continuación de investigaciones en pediatría y psicología infantil moderna. Es además, el primer sistema experto en diagnóstico y tratamiento de dificultades de desarrollo, que sirve de modelo para futuras investigaciones en diagnóstico y tratamiento de otras enfermedades. También es modelo para otros sistemas expertos basados en lógica difusa.

Se utilizara la Metodología Buchanan para el desarrollo del sistema experto, debido a que esta metodología que se basa en fases concretas para el desarrollo.

En el área de la medicina el sistema contribuirá, donde los usuarios sean o no especialistas, tendrán un instrumento de consulta para obtener un diagnóstico más preciso.

1.6. LIMITES

Por ser las dificultades de desarrollo un tema bastante grande, el presente proyecto sólo tomará en cuenta:

- El sistema experto de diagnóstico y el tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, podrá emitir una respuesta concreta, completa y fiable a una serie de antecedentes que el usuario dará como información.
- Los padres o responsables de los niños solicitan el diagnóstico, registran todos los datos requeridos, el sistema identificará estos datos y los relacionará con los indicadores asociados al desarrollo, luego emitirá un informe con los posibles dificultades que presenta y cuál es el tratamiento adecuado que se debe dar al niño.
- Todas las respuestas del diagnóstico del sistema experto se basarán en los indicadores de desarrollo, las cuales actualmente se utiliza el experto.
- Para la etapa de evaluación de resultados o validación del prototipo se lo realizará en la ciudad de La Paz, en la Unidad Educativa Crecer del Sur, ubicada en la calle 9 de Achumani.
- El sistema experto no reemplazará por completo la experiencia del experto humano.

1.7. METODOLOGÍA

La investigación de la presente tesis se apoya en el Método Científico, sirve de guía en la organización de todo el proceso de investigación, el mismo permitirá cumplir con los objetivos planteados. La investigación científica, es muy importante para poder resolver los problemas debido a que aplica diferentes principios, conceptos que clasifican la teoría con la práctica, entre estas tenemos la observación, la experimentación y la entrevista.

Metodología De Desarrollo

La metodología de desarrollo del Sistema Experto, es la de Buchanan que tiene las siguientes fases:

- La Identificación
- La conceptualización
- La formalización
- La implementación
- El testeo

La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre las fases.

Lógica Difusa

En el presente tesis se aplicará, la lógica difusa debido a que está asociado con la manera en que las personas perciben el medio, por ejemplo ideas relacionadas con la altura de una persona, velocidad con la que se mueve un objeto, la temperatura dominante en una habitación, cotidianamente se formulan de manera ambigua y depende de quién percibe el efecto físico o químico, será su enunciado acerca de tal fenómeno. Una persona puede ser alta o baja, algo puede moverse rápido o lento, una temperatura puede ser baja o moderada o alta, se dice que estas afirmaciones acerca de una variable son ambiguas porque rápido, bajo, alto son afirmaciones del observador, y estas pueden variar de un observador a otro. Esta forma de expresión se utilizará en el sistema experto.

Además, la inferencia difusa o borrosa utilizará el método mandani, que es un método directo.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El término “Inteligencia Artificial” fue acuñado formalmente por John McCarthy en 1956, es una de las disciplinas más nuevas como un campo independiente dentro de la informática. El objetivo de la IA es crear una máquina pensante que sea inteligente, tenga consciencia, capacidad de aprender, libre albedrío y que sea ética. Ya antes Alan Turing había diseñado el Test de Turing como una forma de probar el comportamiento inteligente de una máquina. Facetas del comportamiento inteligente.

La IA es emocionante, pero ¿Qué es? Existen varias definiciones de IA, la tabla siguiente muestra ocho diferentes en dos dimensiones. Las definiciones superiores se ocupan de procesos mentales y razonamiento, mientras que las inferiores aluden al comportamiento. Las definiciones de la izquierda miden el éxito en términos de fidelidad con el comportamiento humano, mientras que las de la derecha se comparan contra una medida ideal de desempeño, llamada racionalidad. Un sistema es racional si “hace lo correcto”, dado sus conocimientos.

<p>Pensar humanamente</p> <p>“El emocionante esfuerzo para hacer que las computadoras piensen ... máquinas con mente en sentido literal y completo” (Haugeland, 1985)</p> <p>“[La automatización de] actividades que asociamos con el pensamiento humano, tales como toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje ...” (Hellman, 1978)</p>	<p>Pensar racionalmente</p> <p>“El estudio de facultades intelectuales mediante el uso de modelos computacionales” (Charniak and McDermott, 1985)</p> <p>“El estudio de los cálculos (cómputos) que hacen posible percibir, razonar y actuar” (Winston, 1992)</p>
<p>Actuar humanamente</p> <p>“El arte de crear máquinas que ejecutan funciones que requieren inteligencia cuando</p>	<p>Actuar racionalmente</p> <p>“Inteligencia computacional es el estudio del diseño de agentes inteligentes” (Poole et at,</p>

son realizadas por personas” (Kurzweil, 1990) “El estudio de cómo hacer computadores que realicen cosas en las que, por el momento, las personas son mejores” (Rich and Knight,1991)	1998) “IA ... se refiere al comportamiento inteligente en artefactos” (Nilsson, 1998)
---	--

Tabla 2. 1: Relación Entre el Pensar Humano y Racional
Fuente: [(Cepeda M., 2009)]

Históricamente los cuatro enfoques se han utilizado, cada uno por diferentes autores con diferentes métodos. Un enfoque centrado en el humano es en parte una ciencia empírica que incluye observaciones e hipótesis sobre el comportamiento humano. Un enfoque racionalista combina matemáticas e ingeniería. Actualmente grupos de ambos enfoques trabajan en conjunto para lograr mejores resultados.

El objetivo de la IA es convertir una computadora en una herramienta eficaz y útil al servicio del hombre, pero con un campo de posibilidades que sobrepasan lo convencional. Desarrollar sistemas inteligentes de modo tal que el usuario que tome contacto con el sistema no logre diferenciar si la persona que está del otro lado es un ser humano o una computadora. (Cepeda M., 2009)

2.1.1. SUBCAMPOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

➤ Robótica

Es la rama de la IA que estudia a los robots, Jorge Vasconcelos Santillán (1998), dice que un Robot es un dispositivo automático capaz de desarrollar labores físicas. Los robots son dispositivos compuestos de sensores que reciben datos de entrada que manda una computadora, la cual ordena al robot que efectúe una determinada acción. Hoy en día, una de las finalidades de la construcción de robots es su intervención con rapidez, calidad y precisión en los procesos de fabricación encargados de realizar trabajos repetitivos en la fabricación. También son muy solicitados en ambientes peligrosos para el ser humano, como en el manejo de explosivos, altas temperaturas, atmósfera sin la cantidad adecuada

de oxígeno y en general bajo cualquier situación donde se pueda deteriorar la salud.

La mayoría de los robots con varias uniones móviles y partes prensiles, donde todos sus elementos son controlados por un sistema de control programado para realizar varias tareas bajo una secuencia de pasos preestablecidos. Se adicionará al robot métodos y técnicas que le permitan actuar como si tuviera un grado de inteligencia. (Dip, 2013)

➤ **Sistemas Expertos**

Los sistemas expertos utilizados en inteligencia artificial son *software* que emula el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema. Los sistemas expertos funcionan de manera que almacenan conocimientos concretos para un campo determinado y solucionan los problemas, utilizando esos conocimientos, mediante deducción lógica de conclusiones. Con ellos se busca una mejora en calidad y rapidez de respuestas dando así lugar a una mejora de la productividad del experto.

➤ **Redes neuronales**

Las redes neuronales, son programas de la AI capaces de simular algunas de las funciones de aprendizaje del ser humano. Una red neuronal obtiene experiencia analizando automática y sistemáticamente los datos para determinar reglas de comportamiento; con base en ellas, puede realizar predicciones de ocurrencia sobre nuevos casos nuevos, para ver el comportamiento. Estas técnicas se aplican a problemas de clasificación y series de tiempo e identifican conexiones con cosas que otras técnicas no pueden, porque utilizan relaciones lineales y no lineales.

Neuronas y conexiones sinápticas. Cada neurona puede tener infinitas entradas llamadas dendritas que condicionan el estado de su única salida existente, el axón; éste se puede conectar a una dendrita de otra neurona mediante la sinapsis correspondiente. En este modelo se considera una neurona que puede

ser representada por una unidad binaria; a cada instante su estado puede ser activo o inactivo. La interacción entre las neuronas se lleva a cabo a través de la sinapsis, la cual define el estado de la neurona. (Dip, 2013)

➤ **Reconocimiento de patrones**

El estudio del área de la visión trata con la necesidad identificar objetos o imágenes y utilizar esta información en la resolución de problemas, debido a que aquí se usa una técnica exhaustiva de búsqueda y comparación de patrones, un sistema con esta característica, pueda llegar a detectar detalles que normalmente se escapan a la observación humana. Para tener una visión estereoscópica se tiene la necesidad de utilizar dos cámaras de visión, las cuales requieren de captar la imagen analógica y convertirla a digital a una velocidad de 30 imágenes por segunda, esto requiere de una gran cantidad de recursos computacionales para realizar las investigaciones por lo que los avances en esta tarea son lentos. (Dip, 2013)

➤ **Agentes inteligentes**

Un agente inteligente, es una entidad capaz de percibir su entorno, procesar tales percepciones y responder o actuar en su entorno de manera racional, es decir, de manera correcta y tendiendo a maximizar un resultado esperado. Es capaz de percibir su medioambiente con la ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores. (Dip, 2013)

2.2. SISTEMA EXPERTO

Los sistemas expertos se pueden considerar como el primer producto verdaderamente operacional de la inteligencia artificial. Son programas de ordenador diseñados para actuar como un especialista humano en un dominio particular o área de conocimiento. En este sentido, pueden considerarse como intermediarios entre el experto humano, que transmite su conocimiento al sistema, y el usuario que lo utiliza para resolver un problema con la eficacia del especialista. El sistema experto utilizará para ello el conocimiento que tenga almacenado y algunos métodos de inferencia.

Los sistemas expertos son programas que reproducen el proceso intelectual de un experto humano en un campo particular, pudiendo mejorar su productividad, ahorrar tiempo y dinero, conservar sus valiosos conocimientos y difundirlos más fácilmente. Antes de la aparición del ordenador, el hombre ya se preguntaba si se le arrebataría el privilegio de razonar y pensar. En la actualidad existe un campo dentro de la inteligencia artificial al que se le atribuye esa facultad: el de los sistemas expertos.

Estos sistemas permiten la creación de máquinas que razonan como el hombre, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitado. En teoría pueden razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, analista, empresario, etc.) para resolver un problema concreto. Este tipo de modelos de conocimiento por ordenador ofrece un extenso campo de posibilidades en resolución de problemas y en aprendizaje. Su uso se extenderá ampliamente en el futuro, debido a su importante impacto sobre los negocios y la industria. (Samper (2004))

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA EXPERTO Y EL EXPERTO HUMANO

Un sistema experto tiene un campo muy reducido, el cual utilizará para ello el conocimiento que tenga almacenado y métodos de inferencia, cuando se habla de un experto humano, se refiere a una persona competente en un área determinada, por lo que se recomienda el uso de Sistemas Expertos en las siguientes situaciones:

- Cuando los expertos humanos en una determinada materia son escasos.
- En situaciones complejas, donde la subjetividad humana puede llevar a conclusiones erróneas.
- Cuando es muy elevado el número de datos que ha de considerarse para obtener una conclusión.
- No se encuentra disponible, ya que los expertos tienen vacaciones, se jubilan o ese conocimiento se va perdiendo con el tiempo.
- El experto humano adquiere su conocimiento de forma práctica, llegando a ser irremplazables.

En la Tabla se muestran las diferencias entre el experto humano y el sistema experto, dando mayores fortalezas del por qué se elige a un sistema experto.

EXPERTO HUMANO	SISTEMA EXPERTO
No perdurable	Permanente
Difícil de transferir	Fácil de transferir
Difícil de documentar	Fácil de documentar
Impredecible	Consistente
Caro	Alcanzable
Creativo	No inspirado
Adaptativo	Necesita ser enseñado
Experiencia personal	Entrada simbólica
Enfoque amplio	Enfoque cerrado
Conocimiento del sentido común	Conocimiento técnico

Tabla 2. 2: Diferencia entre Experto Humano y Sistema Experto
Fuente: (Chuquimia M. , 2013)

2.2.2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

No existe una estructura común para un sistema experto. Sin embargo, la mayoría de los sistemas expertos tienen ciertos componentes básicos: base de conocimiento, motor de inferencia, base de datos e interfaz con el usuario. Muchos tienen, además, un módulo de explicación y un modulo de adquisición del conocimiento. La figura 2.1 muestra la estructura de un sistema Experto ideal. (Samper, 2004).

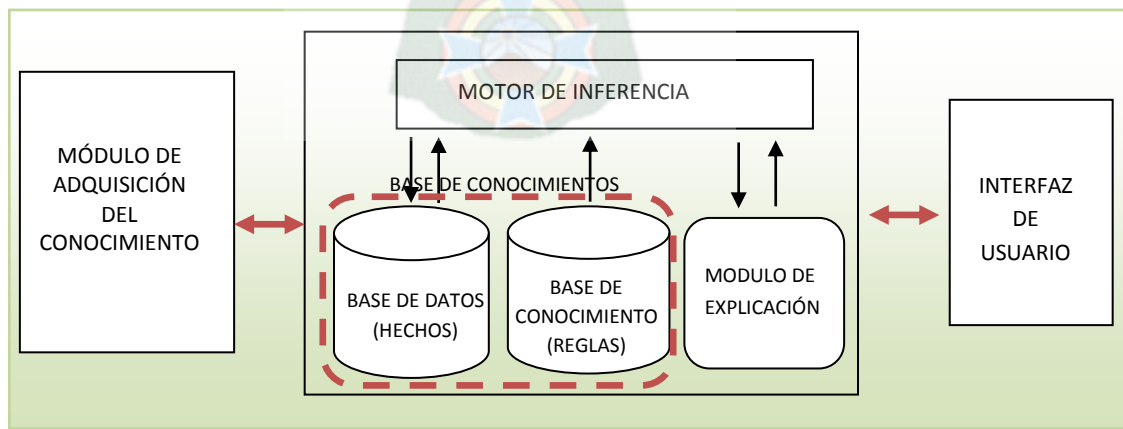


Figura 2 1: Estructura Básica del Sistema Experto
Fuente: (Samper, 2004)

A continuación se describen cada una de los componentes:

✓ **MODULO DE ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO**

El modulo de adquisición del conocimiento permite que se puedan añadir, eliminar o modificar elementos de conocimiento (en la mayoría de los casos reglas) en el sistema experto. Si el entorno es dinámico es muy necesario, puesto que, el sistema funcionará correctamente sólo si se mantiene actualizando su conocimiento. El modulo de adquisición permite efectuar ese mantenimiento, anotando en la base de conocimientos los cambios que se producen (Samper, 2004)

La adquisición de conocimiento es el proceso de obtener información y conocimiento de uno o más expertos, o de una fuente documental altamente especializada, ordenar ese conocimiento o información siguiendo algún criterio y transferirlo a un programa, en una forma que pueda ser procesada por una computadora. Esta información debe ser estructurada para ser llevada a un conjunto de reglas de producción. (Chuquimia, 2013)

a) DEFINICION DE CONOCIMIENTO

El conocimiento incluye y requiere el uso de datos e información. Además, combina relaciones, dependencias, y la noción del saber con datos e información. El conocimiento posee ciertas propiedades: voluminoso, difícil de caracterizarlo, dinámico, con incertidumbres, y debe estructurarse de la manera como se va utilizar.

El conocimiento puede ser de tipo procedimental, declarativo o heurístico. El conocimiento procedimental es aquel que es compilado que se refiere a la forma de realizar una cierta tarea (el saber cómo hacerlo). Por ejemplo, el proceso estándar para el ensamble de un vestido, un computador, una maquina; la realización de cierta pintura, la resolución de ecuaciones algebraicas. El conocimiento declarativo es conocimiento pasivo, sentencias que expresan hechos del mundo que

nos rodea (el saber que hacer). Por ejemplo, la información en una base de datos. (Torres, s.f.)

b) FUENTES DE CONOCIMIENTO

Según Turban (1992). El conocimiento puede provenir de diferentes fuentes, las más representativas son libros, películas, bases de datos informáticas, pinturas, mapas, diagrama de flujo, historias, canciones o comportamiento observado. Estas fuentes pueden ser divididas en dos grupos: las fuentes documentales y las fuentes no documentadas. Estas últimas, se encuentran en la mente de las personas. El conocimiento puede ser identificado y recolectado por medio de algunos sentidos de los seres humanos o de las máquinas. (Ramos, 2012)

c) METODOS DE ADQUISICION DE CONOCIMIENTO

Los pasos iniciales en la adquisición de conocimiento involucran identificar, estructurar y recolectar conocimiento. Existe la concepción (a nuestro entender errada) que la adquisición de conocimiento es simplemente un problema de entrevistas informales entre el ingeniero del conocimiento y el experto del dominio. Sin embargo, en el interés de la eficiencia de la adquisición de conocimientos, deben ser desarrollados métodos explícitos con propósitos específicos. (FW (s.f.))

Mientras los métodos de adquisición de conocimientos deben ser adaptables a las demandas únicas de un proyecto de sistema experto dado, los siguientes objetivos parecen ser universalmente aplicables. (FW (s.f.))

El ingeniero del conocimiento debe ser capaz de estructurar inicialmente y definir la base de conocimiento usando solamente interacción mínima con el experto del dominio. La estructura organizacional aplicada a la base de conocimientos debe reflejar el acercamiento al dominio natural del experto al problema.

El conocimiento reunido por el ingeniero del conocimiento debe ser exacto y completo tanto como sea posible. Aunque la base de conocimiento siempre necesitará ser revisada y actualizada, el sistema será solamente tan bueno como el conocimiento que incorpore.

Las interacciones del experto en el dominio/ ingeniero del conocimiento deberán ser dirigidas y organizadas para producir la máxima información en menor tiempo de interacción.

✓ **MOTOR DE INFERENCIA**

El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y base de hechos para reducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones acerca del problema. (Samper (2004))

El mecanismo de inferencia es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la base de conocimientos, según el método fijo de solución de problemas que está configurado imitando el procedimiento humano de los expertos para solucionar problemas. Una conclusión se produce mediante la aplicación de las reglas sobre los hechos presentes.

En un sistema experto existirá solo cuando este contenido en la base de conocimientos. Los hechos que constan en la clausula “si” se llaman premisas, y el contenido en la clausula “entonces” se llama conclusión. Cuando se aplica una regla sobre algunos hechos cualesquiera se dice que se dispara.

El disparo de una regla provoca la inserción del nuevo hecho en la base de conocimientos, así se ve en la fig. 2.3 (Nebendalh, 1991)

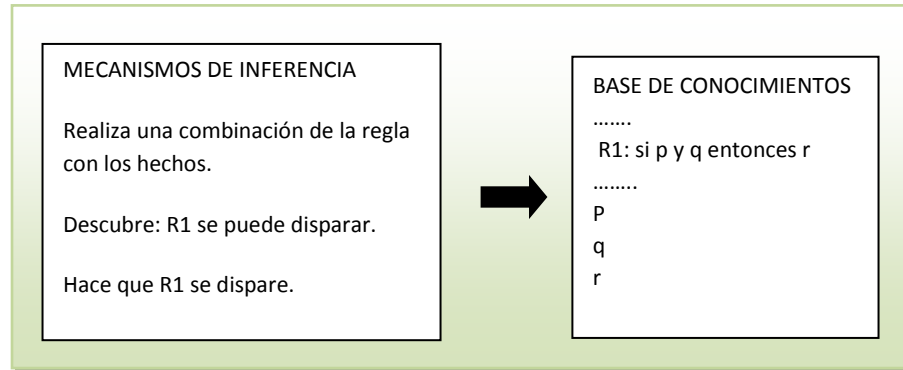


Figura 2 2: Motor de Inferencia
Fuente: (Nebendalh, 1991)

Las funciones del mecanismo de inferencia son:

- Determinación de las acciones que tendrán lugar, en el orden en que lo harán y cómo lo harán entre las diferentes partes del Sistema Experto.
- Determinar cómo y cuándo se procesarán las reglas, y dado el caso también la lección de que las reglas deberán procesarse.
- Control del diálogo con el usuario.

La decisión sobre los mecanismos de los procesamientos de las reglas, es decir, qué estrategias de búsqueda se implementarán, es de vital importancia para la efectividad del sistema en su conjunto.

Ante problemas o clases de problemas distintos se estructuraran, como es de lógico, diferentes mecanismos de inferencia. El mecanismo de inferencia debe estar “adaptado” al problema a solucionar. Una imposición de dinero exige, bajo ciertas circunstancias, una estrategia distinta de procesamiento del conocimiento que un diagnóstico de fallos de máquina. (Nebendalh, 1991)

a) ENCADENAMIENTO DE HACIA ADELANTE

Un motor de inferencia funcionando con encadenamiento hacia adelante buscará unas reglas cuyas premisas sean verificadas por los hechos en su base de datos. Si tal regla existe, se aplica, esto significa llevar a cabo la acción

contenida en su consecuente. El resultado de tal acción puede ser simplemente añadir nuevos hechos en la base de datos. A continuación el motor de inferencias buscará otra regla, la aplicará y así sucesivamente hasta que el hecho buscado (o los hechos), por ejemplo, un diagnóstico, haya sido deducido o hasta que no haya más reglas aplicables.

Es obvio que al principio se deberán proporcionar unos hechos iniciales, ya sea por el usuario o por posibles sensores acoplados al sistema de los que recibe información externa, para empezar el razonamiento. Esta forma de razonar también se denomina razonamiento guiado o conducido por los datos. Es la forma habitual del modus ponens, pero aplicado varias veces para encadenar reglas entre sí.

b) ENCADENAMIENTO DE HACIA ADELANTE

El motor de inferencia parte de los hechos para llegar a los resultados, es decir, no selecciona más que reglas que verifiquen las condiciones de la parte izquierda (fase de detección-filtrado). Se aplica, la fase de elección (resolución de conflictos) sobre este conjunto de reglas, para determinar la regla a utilizar posteriormente.

La aplicación de esta regla, da una actualización de la base de hechos (fase de ejecución). Este proceso se repite hasta que no existen más reglas aplicables o se haya alcanzado el objetivo. La eficacia del motor de inferencia reside en la pertinencia de la decisión tomada (regla elegida) durante la fase de elección.

La regla elegida condiciona la rapidez con la que el sistema llegará a la solución, lo cual determinará la eficacia del motor de inferencia. Esta forma de razonamiento posee inconvenientes, el sistema activa todas las reglas aplicables incluso aunque algunas no ofrezcan ningún interés, la base de hechos debe tener el suficiente número de hechos iniciales para que el sistema pueda llegar a una solución, los usuarios deben suministrar al sistema experto todas las informaciones que poseen incluso aunque algunas sean inútiles.

✓ **BASE DE DATOS O BASE DE HECHOS**

La base de datos o base de hechos, es una parte de la memoria del ordenador, que se utiliza para almacenar los datos recibidos inicialmente para la resolución de un problema. Contiene conocimiento sobre el caso concreto en que se trabaja. También se registrarán en ella las conclusiones intermedias y los datos generados en el proceso de inferencia. Al memorizar todos los resultados intermedios, conserva el vestigio de los razonamientos efectuados; por lo tanto, se pueden utilizar para explicar las deducciones y el comportamiento del sistema. (Samper (2004))

✓ **BASE DE CONOCIMIENTO (REGLAS)**

La base de conocimientos contiene todos los hechos, las reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema. Los hechos son del tipo: El velero "Mary", tiene una longitud de 6 m. La representación de este conocimiento puede realizarse orientándola, por ejemplo, según los objetos. Los objetos de una base de conocimientos pueden ser entonces: barco, barco a motor, barco a vela.

Estos están relacionados de tal forma que un barco de vela tiene todas las cualidades de un barco, y además todas las cualidades específicas de un barco de vela. Todas las cualidades de un barco, por ejemplo: desplazamiento sobre el agua, vienen descritas con el objeto "barco". A través de la relación formulada, el barco a vela "hereda" estas cualidades, de forma que sólo hará falta describir sus cualidades particulares.

Este tipo de programación se define como programación orientada al objeto y se utiliza frecuentemente en el desarrollo de los Sistemas Expertos. Puede darse el caso que determinados procesos y funciones deban subordinarse a objetos en particular, por ejemplo la velocidad como función de la fuerza y la dirección del viento. La velocidad se determinará entonces dependiendo de los datos particulares.

Junto a estos objetos, la base de conocimientos dispone de reglas. En la creación de la base de conocimientos se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Qué objetos serán definidos?
- ¿Cómo son las relaciones entre objetos?
- ¿Cómo se formulan y procesan las reglas?
- ¿La base de conocimientos hace totalmente referencia a la solución del problema?
- ¿La base de conocimientos es consistente?

Estas son cuestiones que el ingeniero del conocimiento debe solucionar, en parte colaborando con los expertos. (Nebendahl, 1991)

✓ **MÓDULO DE EXPLICACIÓN**

La mayoría de los sistemas expertos contienen un módulo de explicación. Esta posibilidad de explicación es especialmente valiosa cuando se tiene la necesidad de tomar decisiones importantes amparándose en el consejo del sistema experto. Además, de esta forma, y con el tiempo suficiente, los usuarios pueden convertirse en especialistas en la materia, al asimilar el proceso de razonamiento seguido por el sistema. El subsistema de explicación también puede usarse para depurar el sistema experto durante su desarrollo. (Samper (2004))

✓ **INTERFAZ DE USUARIO**

La interacción entre el sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También, es altamente interactiva y sigue el patrón de conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable requerir del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de los cuestionarios. Esto puede requerir diseñar la interfaz usando menús o gráficos.

La interface del usuario establece la forma en la que el sistema experto se presentará ante el usuario.

- ¿Cómo debe responder el usuario a las preguntas planteadas?
- ¿Cómo saldrán las respuestas del sistema a las preguntas que se planteen?
- ¿Qué informaciones se presentarán de forma gráfica?

La interface de usuario, debe cumplir los requisitos siguientes:

- El aprendizaje del manejo debe ser rápido.
- Debe evitarse en lo posible la entrada de datos errónea.
- Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario.
- Las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles.

2.2.3. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Se distinguen los siguientes tipos, de menor a mayor complejidad:

- ✓ Interpretación, describen una situación a partir de unos datos proporcionados (ej.: examen de laboratorio).
- ✓ Predicción, deducen consecuencias futuras probables a partir de situaciones dadas (ej.: predecir tiempo a partir del mapa de isobaras).
- ✓ Diagnostico, a partir de unos datos (normalmente incompletos) averiguar la causa (ej.: diagnostico medico).
- ✓ Diseño, construyen objetos a partir de restricciones dadas (ej.: CAD).
- ✓ Planificación, diseñan acciones, establecen cursos de acción (ej.: robots).
- ✓ Monitorización, parecido a la interpretación, pero además se detecta si la situación es normal o no (ej.: UVI).
- ✓ Corrección de errores, establece los fallos del problema y da soluciones para resolverlos.
- ✓ Reparación, corrige los errores detectados para que vuelva a ser correcta la situación.
- ✓ Control, hacen monitorización, corrección de errores y reparación de forma continua en el tiempo.

2.2.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES

- **Ventajas:**

Estos programas proporcionan la capacidad de trabajar con grandes cantidades de información, que son uno de los grandes problemas que enfrenta el analista humano que puede afectar negativamente a la toma de decisiones pues el analista humano puede depurar datos que no considere relevantes, mientras un sistema experto debido a su gran velocidad de proceso analiza toda la información incluyendo las no útiles para de esta manera aportar una decisión más solida.

- **Limitaciones:**

Es evidente que para actualizar se necesita de programación de estos (tal vez este sea una de sus limitaciones más acentuadas) otra de sus limitaciones puede ser elevado el costo en dinero y tiempo, además que estos programas son poco flexibles a cambios y de difícil acceso a información no estructurada.

Debido a la escasez de expertos humanos en determinadas áreas, los sistemas expertos pueden almacenar su conocimiento para cuando sea necesario poder aplicarlo. Así mismo los sistemas expertos pueden ser utilizados por personas no especializadas para resolver problemas. Además, si una persona utiliza con frecuencia un sistema experto se aprenderá de él. Por otra parte la inteligencia artificial no ha podido desarrollar sistemas que sean capaces de resolver problemas de manera general, de aplicar el sentido común para resolver situaciones complejas ni de controlar situaciones ambiguas.

2.2.5. EQUIPO DE DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO

Las personas que participan en el desarrollo de un sistema experto desempeñan tres papeles distintos:

- ✓ **El experto:**

Que pone los conocimientos especializados a disposición del sistema experto.

- ✓ **El Ingeniero del Conocimiento:**

Que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa a la base de conocimientos.

✓ **El usuario:**

Que aporta sus deseos, y sus ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicarse el sistema experto. (Nebendalh, 1991)

En la fase de desarrollo, el peso principal de trabajo recae en el ingeniero del Conocimiento y en el experto, la relación se muestra en la figura 2.1

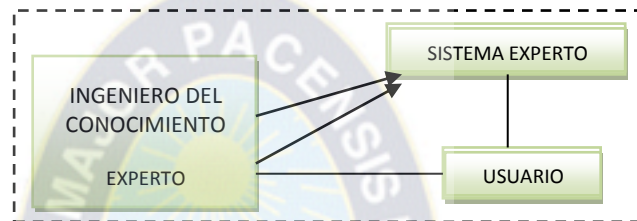


Figura 2 3: Relación del Equipo de Desarrollo del Sistema Experto
Fuente: (Nebendalh, 1991)

2.3. REPRESENTACION DE CONOCIMIENTO

La representación del conocimiento y el razonamiento es un área de la inteligencia artificial cuyo objetivo fundamental es representar el conocimiento de una manera que facilite la inferencia (sacar conclusiones), a partir de dicho conocimiento. Analiza cómo pensar formalmente – cómo usar un sistema de símbolos para representar un dominio del discurso (aquello de lo que se puede hablar), junto con funciones que permitan inferir (realizar un razonamiento formal), sobre los objetos. Generalmente, se usa algún tipo de lógica para proveer una semántica formal de cómo las funciones de razonamiento se aplican a los símbolos del dominio del discurso, además de proveer operadores como cuantificadores, operadores modales, etc. Esto, junto a una teoría de interpretación, da significado a las frases en la lógica.

En general una representación del conocimiento debe tener dos capacidades: expresividad adecuada y una eficiencia de razonamiento. La expresividad (fácil y compacta) y el razonamiento le confieren la capacidad adecuada para ser considerado como una alternativa útil para la representación del conocimiento.

2.3.1. SISTEMAS BASADOS EN REGLAS DE PRODUCCIÓN

Es uno de los mecanismos de representación de los conocimientos más populares y ampliamente empleados. Las reglas de producción, son reglas del tipo Si Entonces. Fueron usados primero en lógica simbólica por Post (1943) quien comprobó la importancia de representar mediante un sistema de reglas de producción, cualquier sistema de matemáticas o lógica. Su popularidad es parcialmente debida al hecho que han sido utilizados con éxito en la construcción de sistemas expertos.

Las características que tienen los sistemas expertos son:

- Se utilizan las reglas para examinar un conjunto de datos y solicitar nueva información hasta llegar a un diagnóstico.
- El generar un espacio de búsqueda ocupa un lugar secundario.
- También se denominan sistemas basados en reglas.

2.3.2. REGLAS DE PRODUCCION

Las reglas de producción se aplican sobre la base de hechos y el sistema de control gobierna estos procedimientos y aplicaciones, hace que la computación se detenga cuando el estado de la base de datos satisface alguna condición de terminación predefinida. Las reglas, son pares ordenados (p, q). Según el tipo de sistema se denominan antecedente y consecuente, condición y acción o premisa y conclusión. Su formulación lógica es la de sentencias condicionales.

Si $p \longrightarrow q$

Si (premisa) entonces (conclusión)

- ✓ La premisa de la regla, es la expresión lógica entre las palabras clave si y entonces. La premisa puede contener una o más afirmaciones conectadas con operadores lógicos para formar una condición más compleja. Los operadores lógicos clásicos son: Conjunción AND (^), representa la condición de cumplimiento de dos proposiciones y se cumple cuando ambas son verdaderas; Disyunción OR (v), representa la alternativa entre dos proposiciones y se cumple cuando alguna es verdadera; Negación NOT (-), representa el cumplimiento de lo opuesto que se está expresando.

- ✓ La conclusión de la regla, que es la expresión lógica tras la palabra entonces. La conclusión está formada por una proposición simple.

2.3.3. REGLAS DE INFERENCIA

a) MODUS PONENDO PONENS (PP).

$p \rightarrow q$	“Si llueve, entonces las calles se mojan”	(premisa)
$\neg q$	“Las calles no se mojan”	(premisa)
<hr/>		
$\neg p$	“Luego, no llueve”	(conclusión)

Figura 2 4: Modus Ponendo Ponens

Fuente: (Escaño, s. f.)

El condicional o implicación es aquella operación que establece entre dos enunciados una relación de causa-efecto. La regla “ponendo ponens” significa, “afirmando afirmo” y en un condicional establece, que si el antecedente (primer término, en éste caso p) se afirma, necesariamente se afirma el consecuente (segundo término en este caso q). (Escaño, s. f.)

b) MODUS TOLLENDO TOLLENS (TT)

La regla “tollendo tollens” significa “negando, niego”, y se refiere a una propiedad inversa de los condicionales, a los que nos referíamos en primer lugar.

$p \rightarrow q$	“Si llueve, entonces las calles se mojan”	(premisa)
$\neg q$	“Las calles no se mojan”	(premisa)
<hr/>		
$\neg p$	“Luego, no llueve”	(conclusión)

Figura 2 5: Modus Tollendo Tollens

Fuente: (Escaño, s. f.)

Si de un condicional, aparece como premisa el consecuente negado (el efecto), eso nos conduce a negar el antecedente (la causa), puesto que si un efecto no se da, su causa no ha podido darse.

Esto nos permite formular una regla combinada de las dos reglas anteriores; la regla ponendo ponens sólo nos permite afirmar si está afirmando el antecedente (el primer término de la implicación), y la regla tollendo tollens sólo nos permite negar a partir del consecuente (segundo término de la implicación); ambas consecuencias se derivan de que la implicación es una fecha que apunta en un único sentido lo que hace que sólo se pueda afirmar a partir del antecedente y negar sólo a partir del consecuente. (Escaño, s. f.)

2.3.4. CONTROL DE RAZONAMIENTO

Se encarga de seleccionar una regla cuando hay varias disponibles. Métodos resolución de conflictos: (Escaño, s. f.)

- Ordenación de las reglas.
- Ordenar las cláusulas dentro de cada regla.
- Añadir nuevas cláusulas relacionadas con las diferencias.
- Control mediante agenda.
- Agendas con patrocinadores.
- Conjuntos de reglas.
- Modelos de reglas y meta reglas.
- Mecanismos basados en la sensibilidad y estabilidad del sistema.

2.4. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

Existen varias metodologías para desarrollar un sistema experto, pues cada autor propone una de acuerdo a su forma de desarrollo, por ejemplo:

- Metodología de Buchanan
- Metodología de John Durkel
- Metodología de Brule
- Metodología de Blanquery y García Martínez
- Metodología de KADS

Estas son algunas, para este trabajo en particular se trabajará con la Metodología de Buchanan.

2.4.1. METODOLOGÍA DE BUCHANAN

La metodología de Buchanan se caracteriza por seguir pasos o fases concretas para el desarrollo de un Sistema experto como se ve en la siguiente figura:

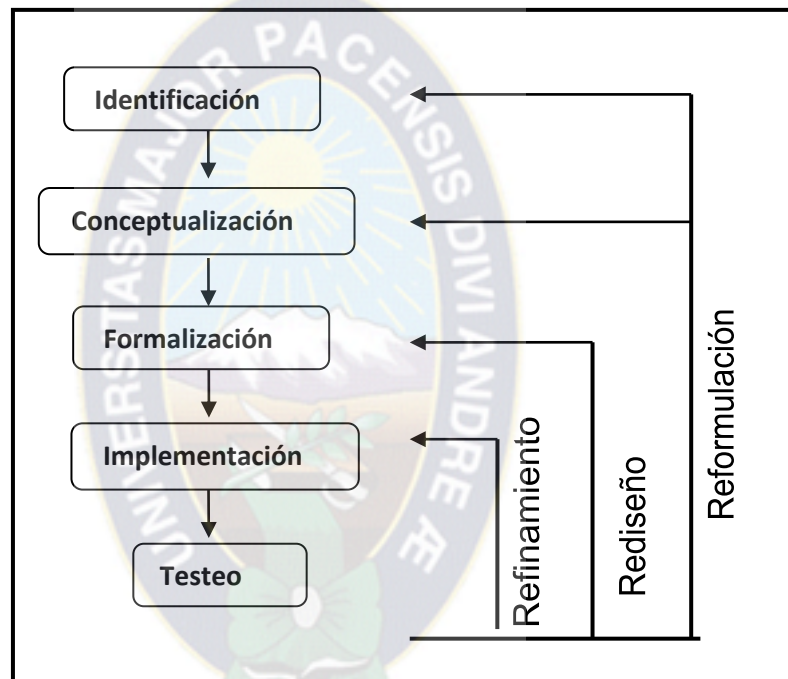


Figura 2 6: Metodología Buchanan
Fuente: (Martinez, 2009)

➤ FASE 1: IDENTIFICACIÓN

Se refiere básicamente a identificar el problema. El proceso de resolución debe tener un componente importante de razonamiento, el nivel de complejidad debe ser tal que los problemas se resuelvan en plazos razonables, también debe existir un experto real del tema que sea capaz de articular sus métodos. (Martínez, 2009)

Esta fase abarca desde la lectura de libros o artículos, las entrevistas o charlas con las personas familiarizadas con el tema y la búsqueda de un experto que esté dispuesto a colaborar en la construcción del sistema.

➤ FASE 2: CONCEPTUALIZACIÓN

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

Se analizarán los conceptos vertidos por el experto del campo.

Los mismos serán tomados en cuenta con sumo interés, pues el experto humano o de campo es quién conoce en detalle los fundamentos articulares del tema a investigar.

➤ FASE 3: FORMALIZACIÓN.

Con el problema adecuadamente definido el ingeniero del conocimiento empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema. Esto es importante para la tarea de definición del sistema experto y para mantener una adecuada documentación del mismo, ya que es útil para la tarea de diseño, construcción y para posteriores modificaciones del sistema. El ingeniero de conocimiento debe prestar atención al ingeniero de campo para encontrar la estructura básica que el experto utiliza para resolver el problema. Está formada por una serie de mecanismos organizativos que el experto de campo usa para manejarse en este dominio.

Esta estructura básica de organización del conocimiento le permite al experto realizar ciertos tipos de inferencias. El ingeniero del conocimiento además debe conocer las estrategias básicas que usa el experto cuando desarrolla su tarea, que hechos primero, que tipo de preguntas realiza primero, si define supuestos inicialmente sin bases con información tentativa, como determina el experto que pregunta debe usar para refinar sus suposiciones y en qué orden el experto prosigue con cada sub-tarea y si ese orden varía según el caso. (Martinez, 2009)

- Se identifican los conceptos relevantes.
- El objetivo es el de formar el diagrama de información conceptual.

- Se formaliza los elementos sub-problemas es una base para construir un prototipo de la base de conocimiento.

➤ **FASE 4: IMPLEMENTACION**

El ingeniero de conocimiento deberá a medida que se desarrolla el prototipo que el formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.

Las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto, la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto. (Martinez, 2009)

- Se formaliza el conocimiento obtenido del experto.
- Se elige la organización.
- El lenguaje de programación.

➤ **FASE 5: TESTEO O PRUEBA**

Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose que el sistema experto posea eficiencia. Además de:

- Evaluación del rendimiento del prototipo construido
- Identificación de anomalías en:
 - Base de conocimientos
 - Mecanismos de inferencia

Revisión Del Prototipo

- Se formulan los conceptos.
- Se rediseña y se refina el prototipo.
- Se refina el prototipo, o si fuera el caso se reformulan los conceptos.

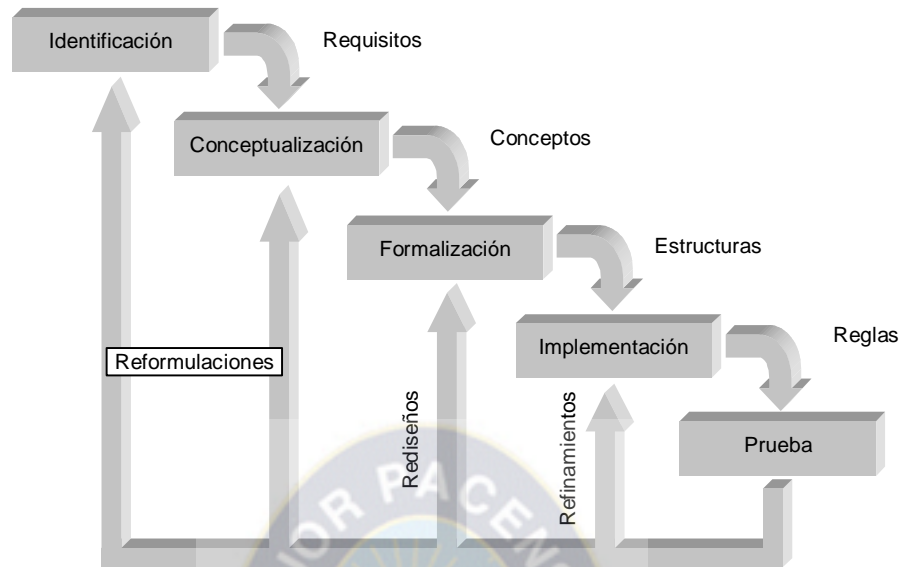


Figura 2 7: Interrelación Metodología Buchanan
Fuente: (Martínez, 2009)

La interrelación que tiene la metodología Buchanan, permite realizar varias iteraciones entre las fases y así en la fase de Prueba o Testeo se fortalece, mejorando la funcionalidad del Sistema Experto.

2.5. LÓGICA DIFUSA

El concepto de lógica difusa es muy común, está asociado con la manera en que las personas perciben el medio, por ejemplo ideas relacionadas con la altura de una persona, velocidad con la que se mueve un objeto, la temperatura dominante en una habitación, cotidianamente se formulan de manera ambigua y depende de quién percibe el efecto físico o químico, será su enunciado acerca de tal fenómeno. Una persona puede ser alta o baja, algo puede moverse rápido o lento, una temperatura puede ser baja o moderada o alta, se dice que estas afirmaciones acerca de una variable son ambiguas porque rápido, bajo, alto son afirmaciones del observador, y estas pueden variar de un observador a otro. Uno se puede preguntar cuándo algo es frío o caliente, que tan baja es la temperatura cuando decimos frío, o que tan alta es cuando decimos caliente.

Los conjuntos difusos definen justamente estas ambigüedades, y son una extensión de la teoría clásica de conjuntos, donde un elemento pertenece o no a un conjunto, tal elemento tiene solo 2 posibilidades, pertenecer o no, un elemento es bi-

valuado y no se definen ambigüedades. Con conjuntos difusos se intenta modelar la ambigüedad con la que se percibe una variable. Los conjuntos difusos son la base para la lógica difusa, del mismo modo que la teoría clásica de conjuntos es la base para la lógica Booleana. Con los conjuntos difusos se realizan afirmaciones lógicas del tipo si-entonces, definiéndose estas con Lógica Difusa. Este tema es propio de inteligencia artificial, donde se intenta emular en pensamiento humano. Nuestro campo de estudio es el control industrial, debemos tener en cuenta la experiencia o base de conocimiento del operario, esto será útil para emular el comportamiento humano con una máquina, a pesar de ser esta muy limitada.

Desde que Lotfy A. Zadeh (1965) desarrolló este concepto de lógica difusa, se ha trabajado en este tema, el principal centro de desarrollo es Japón, donde sus investigadores la han aplicado a muy diversos sistemas, principalmente electrodomésticos, sistemas más recientes están vinculados con la industria, la medicina y la actividad espacial. Muchas publicaciones y libros se han escrito de este tema.

La lógica difusa permite representar el conocimiento común, que es de tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos. Permite trabajar a la vez con datos numéricos y términos lingüísticos; los términos lingüísticos son inherentemente menos precisos que los datos numéricos pero en muchas ocasiones aportan una información más útil para el razonamiento humano.

Se basa en reglas heurísticas de la forma SI (antecedente) ENTONCES (consecuente), donde el antecedente y el consecuente son también conjuntos difusos, ya sea puros o resultado de operar con ellos. Sirvan como ejemplos de regla heurística para esta lógica (nótese la importancia de las palabras "muchísimo", "drásticamente", "un poco" y "levemente" para la lógica difusa):

- SI hace muchísimo frío ENTONCES aumento drásticamente la temperatura.
- SI voy a llegar un poco tarde ENTONCES aumento levemente la velocidad.

Los métodos de inferencia para esta base de reglas deben ser sencillos, versátiles y eficientes. Para escoger una salida concreta a partir de tanta premisa difusa, el método más usado es el del centroide, en el que la salida final será el centro de

gravedad del área total resultante. Las reglas de las que dispone el motor de inferencia de un sistema difuso pueden ser formuladas por expertos, o bien aprendidas por el propio sistema, haciendo uso en este caso de redes neuronales para fortalecer las futuras tomas de decisiones.

El sistema de control hace los cálculos con base en sus reglas heurísticas, comentadas anteriormente. La salida final actuaría sobre el entorno físico, y los valores sobre el entorno físico de las nuevas entradas (modificado por la salida del sistema de control) serían tomados por sensores del sistema.

Por ejemplo, imaginando que nuestro sistema difuso fuese el climatizador de un coche que se autorregula según las necesidades: Los chips difusos del climatizador recogen los datos de entrada, que en este caso bien podrían ser la temperatura y humedad simplemente.

Estos datos se someten a las reglas del motor de inferencia (como se ha comentado antes, de la forma SI... ENTONCES...), resultando un área de resultados. De esa área se escogerá el centro de gravedad, proporcionándola como salida. Dependiendo del resultado, el climatizador podría aumentar la temperatura o disminuirla dependiendo del grado de la salida (Mendoza, 2011)

2.5.1. CONJUNTOS DIFUSOS

La lógica difusa está relacionada y fundamentada en la teoría de 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 representación de la función de pertenencia de un elemento a un conjunto difuso se representa en la Figura.

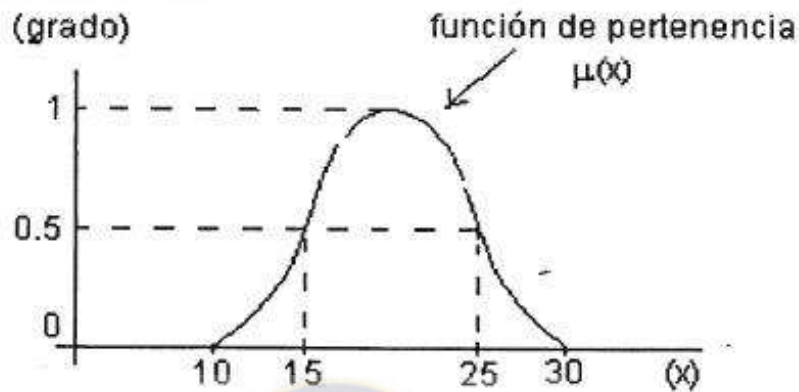


Figura 2 8: Grafica de una Función de Pertenencia a un Conjunto Difuso

Fuente:[(RICH, 1989)]

Los operadores lógicos que se utilizarán en la Lógica Difusa (AND, OR, etc.) se define también usando tablas de verdad, pero mediante un “Principio de Extensión” por el cual, gran parte del aparato matemático clásico existente puede ser adaptado a la manipulación de los Conjuntos Difusos y por lo tanto, a la de las variables lingüísticas. La última característica de los operadores lógicos es el procedimiento de razonamiento, que permite inferir resultados lógicos a partir de una serie de antecedentes. Generalmente, el razonamiento lógico se basa en silogismos, en los que los antecedentes son por un lado las proposiciones condicionales (nuestras reglas), y las observaciones presentes por otro (serán las premisas de cada regla).

Los esquemas de razonamiento utilizados son “esquemas de razonamiento aproximado”, que intentan reproducir los esquemas mentales del cerebro humano en el proceso de razonamiento. Estos esquemas, consistirán en una generalización de los esquemas básicos de inferencia en Lógica Binaria (silogismo clásico). Tan importante será la selección de un esquema de razonamiento, como su representación, ya que es el objetivo final es poder desarrollar un procedimiento analítico concreto para el diseño de controladores difusos y la toma de decisiones en general.

Una vez que se tenga las representaciones analíticas de cada uno de los elementos lógicos, se podrá desarrollar formalmente un controlador “heurístico” que nos permita inferir en control adecuado de un determinado proceso en función de un

conjunto de reglas “lingüísticas”, definidas de antemano tras la observación de la salida y normas de funcionamiento de éste (RICH, 1989)

Los conjuntos clásicos se definen con los predicados “verdadero y falso”, sin embargo el razonamiento humano utiliza frecuentemente predicados que no se puede deducir, denominados predicados vagos o conjuntos borrosos. La manera apropiada para dar la solución a un problema, es considerar la pertenencia o no de un elemento x al conjunto, la cual no es absoluta sino gradual, donde un conjunto discreto $\{0,1\}$ y un conjunto difuso esta en el intervalo $[0,1]$, teniendo la siguiente notación matemática:

Una función característica, $\mu_A(x)$ que puede tomar infinitos valores:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in X\} \quad \mu_A(x) \in [0,1]$$

Un conjunto difuso se caracteriza por:

- Un dominio del conjunto, X .
- Un nombre para el conjunto, A .

Esta función indica el valor de pertenencia del elemento x del dominio X al conjunto A .

Por Ejemplo:

Consideremos la variable lingüística “Altura de los seres humanos”, que toma valores en el universo de discurso $U=[1.4,2.5]$. Vamos a hacer una clasificación difusa de los seres humanos en tres conjuntos difusos (o valores lingüísticos): bajos, medianos y altos, estos valores tendrán su correspondencia en cada una de las funciones matemáticas que determinarán su pertenencia en un rango de $[0,1]$, en la figura se muestra esta relación:

En la figura se observa los tres conjuntos difusos sobre la variable lingüística altura, las funciones son de tipo L para bajo, Triangular para mediano y Gamma para el alto.

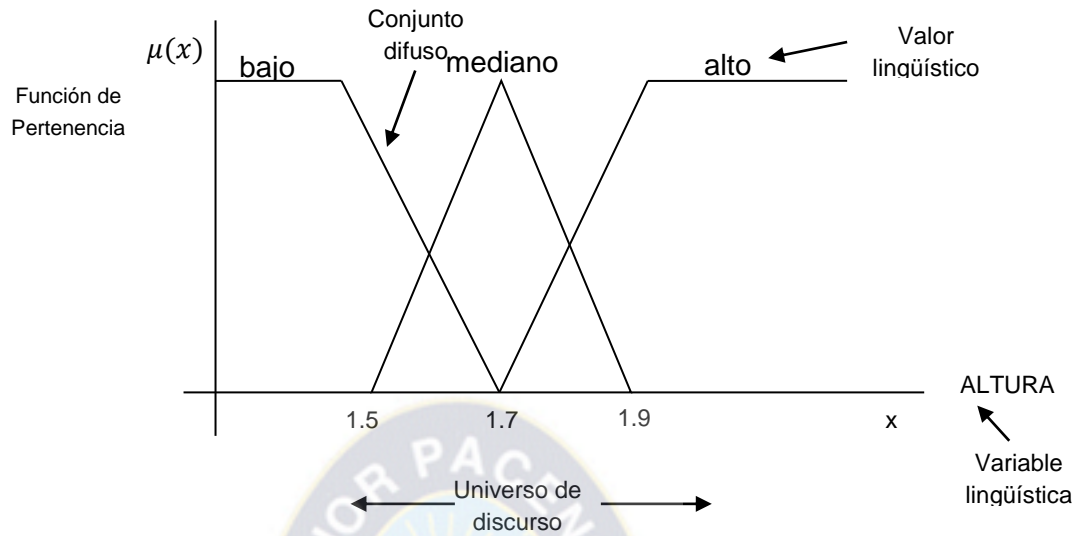


Figura 2 9: Conjuntos Difusos sobre la Variable Lingüística Altura
Fuente:[(Maza, 2009)]

2.5.2. FUNCIONES DE PERTENENCIA

La función de pertenencia de un conjunto nos indica el grado en que cada elemento de un universo dado, pertenece a dicho conjunto. Es decir, la función de pertenencia de un conjunto A sobre un universo X será de la forma: $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, donde $\mu_A(x) = r$ si r es el grado en que x pertenece a A .

Si el conjunto es nítido, su función de pertenencia (función característica) tomará los valores en $\{0,1\}$, mientras que si es borroso, los tomará en el intervalo $[0,1]$. Si $\mu_A(x) = 0$ el elemento no pertenece al conjunto, si $\mu_A(x) = 1$ el elemento sí pertenece totalmente al conjunto.

La función característica del conjunto de los elementos que verifican un predicado clásico está perfectamente determinada. No ocurre lo mismo cuando se intenta obtener la función de pertenencia de un conjunto formado por los elementos que verifican un predicado borroso.

Las funciones de pertenencia son una forma de representar gráficamente un conjunto borroso sobre un universo.

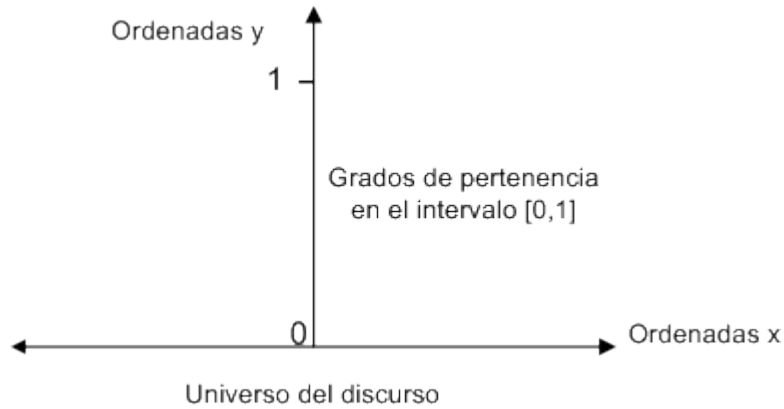


Figura 2 10: Representación Gráfica de Pertenencia

Fuente:[(Maza, 2009)]

Dicha función dependerá del contexto (o universo) en el que se trabaje, del experto, del usuario, de la aplicación a construir, etc.

A la hora de determinar una función de pertenencia, normalmente se eligen funciones sencillas, para que los cálculos no sean complicados. En particular, en aplicaciones en distintos entornos, son muy utilizadas las triangulares y las trapezoidales.

a) FUNCIÓN TRIANGULAR

Definida mediante el límite inferior a , el superior b y el valor modal m , tal que $a < m < b$. La función no tiene porqué ser simétrica.

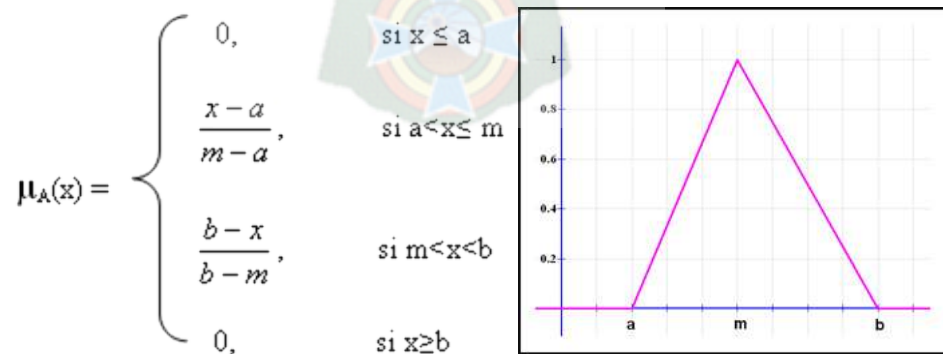


Figura 2 11: Función Triangular

Fuente:[(Ramirez, 2008)]

b) FUNCIÓN TRAPEZOIDAL

Definida por sus límites inferior a , superior d , y los límites de soporte inferior b y superior c , tal que $a < b < c < d$. En este caso, si los valores de b y c son iguales, se obtiene una función triangular.

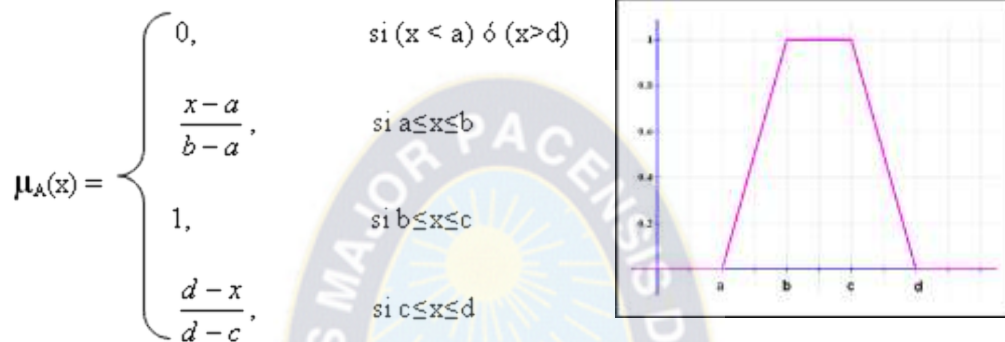


Figura 2 12: Función Trapezoidal

Fuente(Ramirez, 2008)

2.5.3. VARIABLE LINGÜÍSTICA

En los conjuntos difusos la función de pertenencia toma valores dentro de un intervalo $[0,1]$. La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge de un hecho: hay conceptos que no tienen límites claros. Se define una variable lingüística, como variables cuyos valores son palabras o frases de un lenguaje natural.

Por ejemplo: se tiene la variable “voltaje” que puede ser descompuesta en varios términos lingüísticos: $T(\text{voltaje}) = \{\text{muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo}\}$, cada término es caracterizado por un conjunto difuso dentro de un conjunto universo de los posibles valores del voltaje.

El conjunto difuso es un valor lingüístico junto a una función de pertenencia. El valor lingüístico es el “nombre” del conjunto, y la función de pertenencia se define como aquella aplicación que asocia a cada elemento del universo de discurso el grado con que pertenece al conjunto difuso. Decimos que un conjunto es nítido si su función de pertenencia toma valores en $\{0,1\}$, y difuso si toma valores en $[0,1]$ (Mendoza, 2011).

2.5.4. INFERENCIA BORROSA

En general el razonamiento borroso consta de los siguientes pasos:

1. Borrosificar: Pasar de valor numérico a borroso (fuzzify)
2. Medir la adecuación de las premisas de las reglas frente a las los hechos
3. Realizar la inferencia borrosa: obtener la conclusión de cada regla teniendo en cuenta su adecuación.
4. Agregar las conclusiones individuales de cada regla para obtener conclusiones globales
5. Deborrosificar: Pasar de valores borrosos a numéricos (defuzzify)

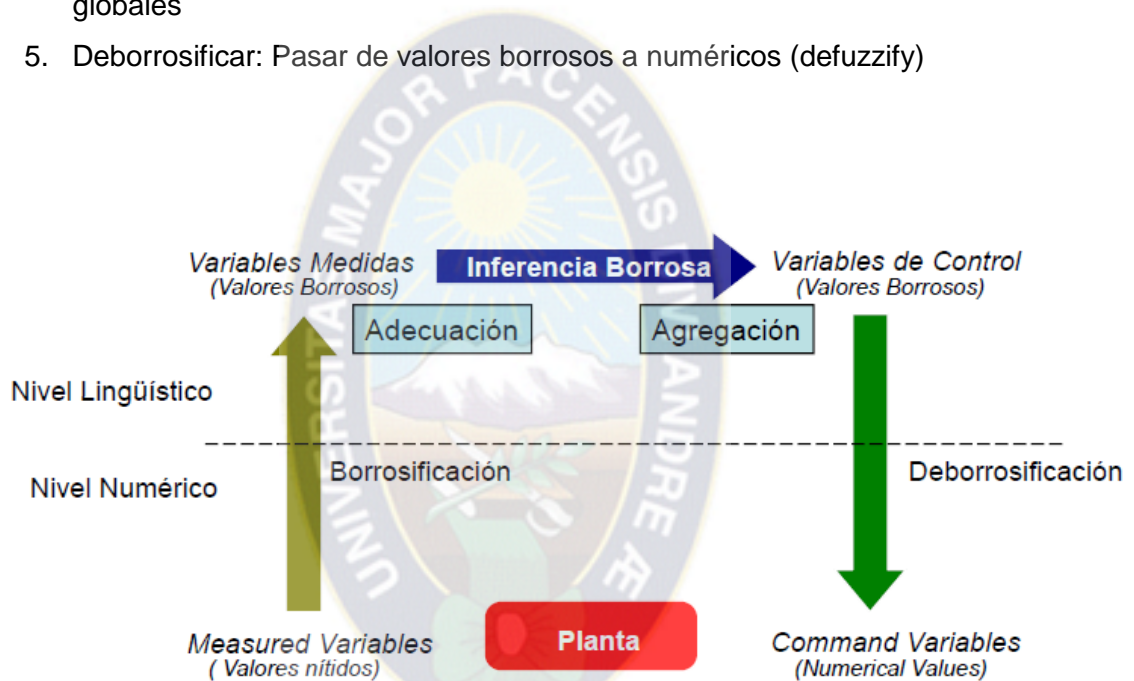


Figura 2 13: Inferencia Borrosa

Fuente: [(Sanjay, 2010)]

Métodos De Inferencia Borrosa

Dentro de los métodos de inferencia borrosa, existen los métodos directos entre los que se tiene:

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

Para la presente tesis se utilizara el método directo de Mamdani. Este método emplea reglas de inferencia con la siguiente estructura:

IF (x is A) and (y is B) THEN (z is C)

IF (x is A) or (y is B) THEN (z is C)

Donde A, B y C son conjuntos difusos (Sanjay, 2010).

MÉTODO DIRECTO DE MAMDANI

El método de Mamdani es el más usado en aplicaciones, dado que tiene una estructura muy simple de operaciones “mín-max”. Está basado en los siguientes pasos

Paso 1: Evaluación del antecedente en cada regla.

Paso 2: Obtener la conclusión en cada regla.

Paso 3: Agregar la conclusión de cada regla.

Paso 4: Desborrosificación (defuzzify).

Paso 1. Evaluación del antecedente en cada regla

Dadas las entradas (valores numéricos) se obtienen los distintos valores de pertenencia para cada una de ellas. A esto se le llama “borrosificación de la entrada”. Si el antecedente de la regla tiene más de un término, a continuación se aplica algún operador (t-norma o t-conorma) obteniendo un único valor de pertenencia.

Veamos el ejemplo:

Al borrosificar el primer término del antecedente (servicio es excelente) hemos visto en qué grado el servicio es excelente si al servicio le puntuamos con un 3. Como vemos, un 3 corresponde a un servicio nada excelente, de ahí que obtengamos el valor de pertenencia 0.

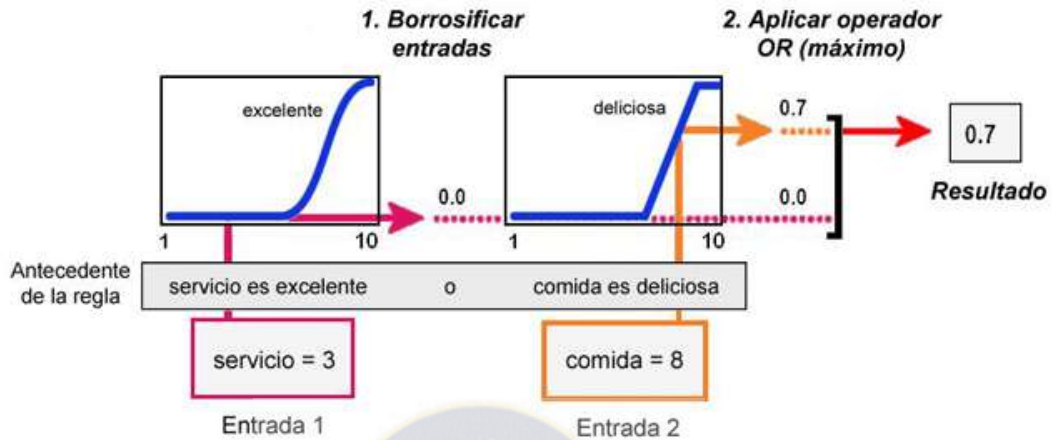


Figura 2 14: Evaluación del Antecedente en Cada Regla

Fuente: [(Sanjay, 2010)]

Al borrosificar el segundo término del antecedente (comida es deliciosa) hemos visto en qué grado la comida es deliciosa si la puntuamos con un 8. Lógicamente, un 8 corresponde a una comida bastante deliciosa, de ahí que obtengamos el valor de pertenencia 0,7.

Por último, ya que los dos términos del antecedente están unidos por una disyunción (servicio excelente o comida deliciosa), hemos aplicado un operador borroso OR, en este caso el máximo, a los dos valores de pertenencia anteriores obteniendo el valor de pertenencia 0.7. Si los términos del antecedente estuvieran unidos por una conjunción ("y"), habría que aplicar un operador borroso AND, para el ejemplo el mínimo.

Paso 2. Obtener la conclusión en cada regla

A partir del consecuente de cada regla y del valor del antecedente obtenido en el paso 1, aplicamos un operador borroso de implicación obteniendo así un nuevo conjunto borroso. Dos de los operadores de implicación más usados son el mínimo, que trunca la función de pertenencia del consecuente, y el producto, que la escala. En el siguiente gráfico correspondiente al ejemplo del restaurante, se usa el mínimo:

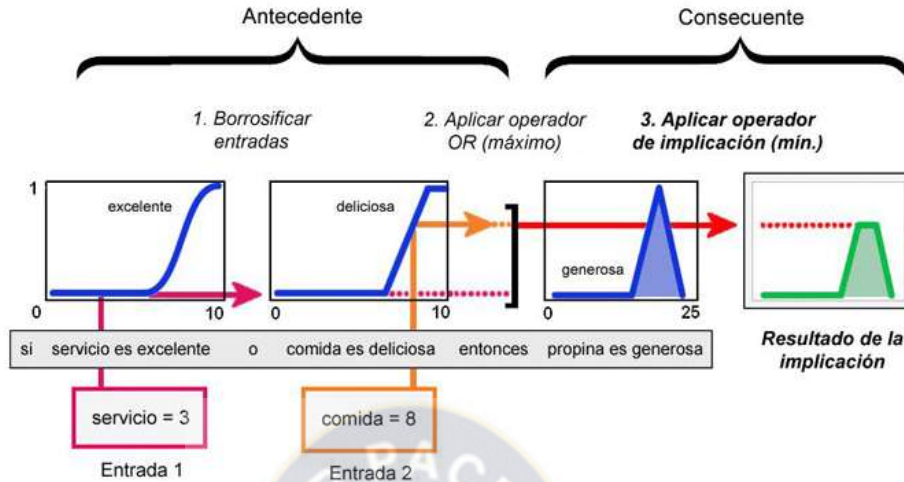


Figura 2 15: Obtener la Conclusión en Cada Regla

Fuente:[(Sanjay, 2010)]

Paso 3. Agregar conclusiones

Las salidas obtenidas para cada regla en el paso 2 (obtener conclusión), se combinan en un único conjunto borroso utilizando un operador de agregación borrosa. Algunos de los operadores de agregación más utilizados son el máximo, la suma o el or probabilístico. En el siguiente gráfico correspondiente al ejemplo del restaurante, se usa el máximo:

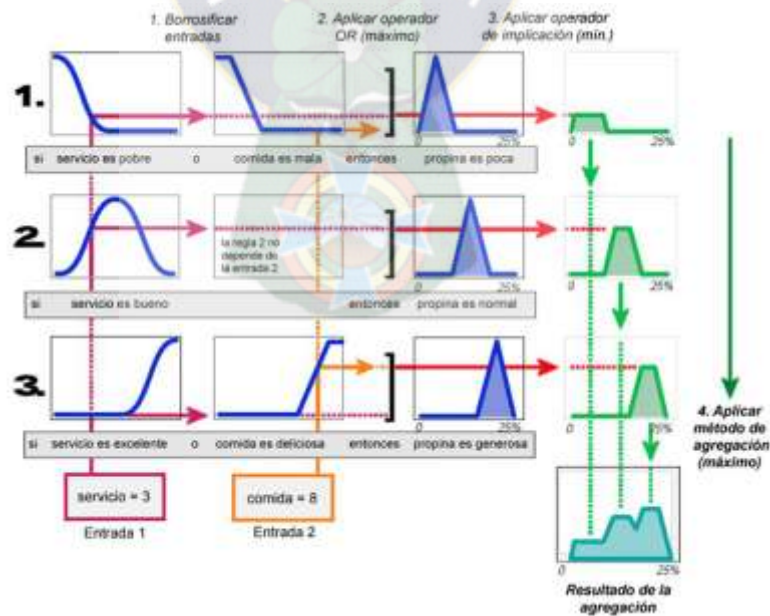


Figura 2 16: Agregar Conclusiones

Figura:[(Sanjay, 2010)]

Paso 4. Desborrosificación (defuzzify)

Cuando intentamos obtener una solución a un problema de decisión, lo que queremos obtener como salida es un número y no un conjunto borroso. Siguiendo con el ejemplo del restaurante, no nos sirve que nos digan que demos una propina generosa, lo que queremos es que nos digan qué propina tenemos que dar. Por tanto, tenemos que transformar el conjunto borroso obtenido en el paso 3 en un número. Uno de los métodos más utilizados es el del centroide, que calcula el centro del área definida por el conjunto borroso obtenido en el paso 3. El cálculo se muestra en el siguiente gráfico:

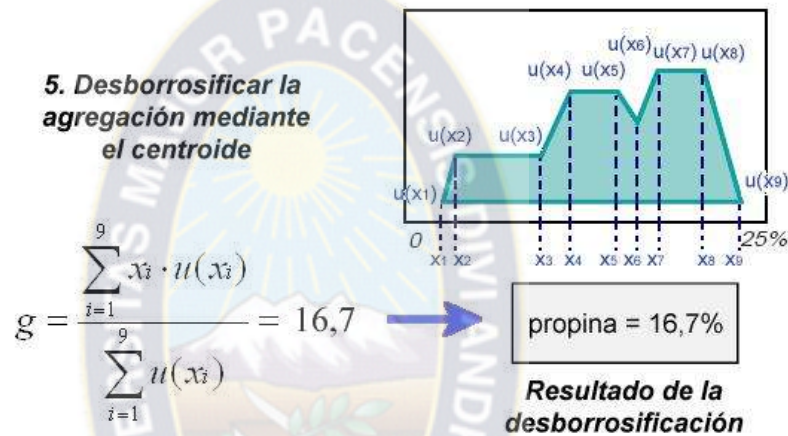


Figura 2 17: Desborrosificación (defuzzify)

Fuente:[(Sanjay, 2010)]

2.6. TECNOLOGÍA DE SOFTWARE

2.6.1. LENGUAJE PROLOG

Prolog es un lenguaje utilizado para implementar inteligencia artificial y sistemas expertos. Gran parte de su éxito se debe a su conveniencia por ser código abierto (modificable) y se obtiene fácilmente en internet, además de su capacidad de deducción de respuestas para las consultas realizadas. Prolog es un lenguaje simple y fácil de programar, hasta para principiantes, pero sus motores de inferencia no siempre son eficientes. Sus aplicaciones varían desde sistemas ambientales hasta la resolución de funciones automatizadas.

Forma parte de lo que se conoce como programación declarativa. En lenguajes tradicionales se indican cómo resolver un problema, en la programación lógica se

establecen hechos reales y reglas para así no saber cómo resolver el problema, sino que hacer para resolverlo.

La popularidad de este lenguaje se debe a su capacidad de deducción y además es un lenguaje fácil de usar por su semántica y sintaxis. Sólo busca relaciones entre los objetos creados, las variables y las listas, que son su estructura básica. (Jones y Yong, 2007)

2.6.2. ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA EN PROLOG

La sintaxis Prolog incluye:

- **Hechos:** es un hecho del lenguaje cotidiano. En lenguaje normal, una proposición puede ser “hace calor”.
- **Reglas:** las capacidades del programa. Estas son consultadas al hacer una consulta para verificar su validez o invalidez.
- **Variables:** representan objetos que el mismo Prolog determina. Una variable puede estar instanciada o no instanciada.
- **Consultas:** es la acción de hacerle una pregunta al programa sobre la información contenida en la base de datos. Una pregunta sencilla podría ser: ?- ‘Hace Calor’. Una respuesta podría ser: si, seguido por lo prompt: ?-. Un si significa que la pregunta es consistente con la información contenida en la base de datos. Si no existe suficiente información, responde: no.

2.6.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PROLOG

✓ **Ventajas**

Una ventaja desde el punto de vista del usuario es la facilidad para programar ya que se pueden escribir rápidamente, con pocos errores originando programas claramente legibles, aun si no se conoce muy bien el lenguaje.

Otra ventaja de este tipo de lenguajes frente a otros, como Java o C++, es que no hay que pensar demasiado en la solución del problema, ya que Prolog infiere sus respuestas basándose en las reglas declaradas dentro del programa.

✓ **Desventajas**

La resolución automática no siempre es eficiente, por lo que eventualmente se podría dar una respuesta incorrecta a una consulta.

Ciertos problemas están ligados a la representación del conocimiento, que Prolog no posee.

2.7. DIFICULTADES DE DESARROLLO

Las dificultades de desarrollo, se presentan en los niños en la primera infancia que comprende desde el nacimiento hasta los 5 años. A medida que el niño crece, es normal que los padres o responsables, se pregunten si el niño está alcanzando las metas normales de desarrollo.

El desarrollo implica la diferenciación y madurez de las células, se refiere a la adquisición de destrezas y habilidades en varias etapas de la vida. El desarrollo está inserto en la cultura del ser humano. Es un proceso que indica cambio, diferenciación, desenvolvimiento y transformación gradual hacia mayores y más complejos niveles de organización, en aspectos como el biológico, el psicológico, el cognoscitivo, el nutricional, el ético, el sexual, el ecológico, el cultural y el social.

La mayoría de los niños alcanzan las metas establecidas, como ir al baño solito, andar en triciclo y hablar con claridad, alrededor de las fechas previstas, y si no, lo hacen un poco después. Sin embargo, si un niño realmente muestra un retraso en algún área de su desarrollo, cuanto antes se detecte es mejor, así se podrá empezar en seguida el tratamiento con un especialista de acuerdo al grado de la dificultad que presente.

2.7.1. AREAS DE DESARROLLO DE UN NIÑO

Aunque el desarrollo tiende a ocurrir en una progresión típica, los niños se desarrollan a ritmos diferentes y de diversas maneras, la mayoría de los niños gatean antes de caminar, hacen sonidos antes de decir su primera palabra”. Nos dice Claire Lerner, especialista en desarrollo infantil en Zero to Three, una organización sin fines de lucro para promover el desarrollo saludable de los niños.

Las áreas de desarrollo son: área socio-afectiva, área motora, área cognitiva y el área de lenguaje.

AREAS DE DESARROLLO	DESCRIPCIÓN
Cognitiva	Se enfoca en la capacidad de la niña o niño para pensar, aprender y solucionar problemas. Incluye también la capacidad para responder a las expresiones faciales.
Motora	Incluye aspectos de motricidad gruesa y fina. Las capacidades relacionadas con la motricidad gruesa son las primeras en desarrollarse. Incluyen: sentarse, gatear, pararse y caminar. Los aspectos de motricidad fina involucran movimientos precisos como sostener una cuchara, tomar un lápiz, dibujar formas y recoger objetos pequeños.
Socio-afectiva	Evalúa la capacidad de niñas y niños para entender sus propias emociones y las emociones de los demás. Involucra la habilidad para interactuar con otros incluyendo el juego.
Lenguaje	Involucra la habilidad de expresarse a través de palabras y gestos (comunicación verbal y no verbal).

Tabla 2. 3: Áreas de Desarrollo

Fuente:[(Pediatría, 2004)]

2.7.2. CAUSAS PARA LAS DIFICULTADES EN EL DESARROLLO

En algunos casos, las dificultades en el desarrollo son ocasionados por problemas médicos, como complicaciones causadas por un parto prematuro o condiciones genéticas como el síndrome de Down, o incluso una enfermedad o accidente grave.

Los retrasos en el habla y el lenguaje podrían deberse a un problema de audición, o problemas en la laringe, garganta o cavidades oral y nasal. Las dificultades con el "intento comunicativo" (el convencimiento de lo que uno dice influirá en nuestro entorno y logrará resultados; lo que es muy importante para que el niño se sienta

motivado a comunicarse) podrían estar ligadas a problemas en el sistema nervioso central.

Sin embargo, en la mayoría de los casos no se logra detectar una causa médica específica que explique las dificultades en el desarrollo, dice Henry Shapiro, un pediatra especializado en desarrollo en el hospital de niños All Children's Hospital en St. Petersburg, Florida.

2.7.3. DIAGNOSTICO DE LAS DIFICULTADES O RETRASOS EN EL DESARROLLO

La mayoría de los padres realizan su diagnóstico, basándose en las edades en que sus hijos alcanzan las metas normales de motricidad gruesa (como caminar y subir escaleras) para determinar si están "adelantados" o "retrasados". Pero también es posible en algunas de las habilidades motrices finas como por ejemplo, si logra tomar pedacitos de comida con sus dedos o pasar las hojas de un libro. En cuanto a sus destrezas del habla y habilidades lingüísticas, podrías notar que tu niño tiene dificultades con el lenguaje receptivo (la comprensión del significado de las palabras y frases) o el lenguaje expresivo (la expresión de ideas a través de palabras y frases). O podría tener problemas para expresarse señalando, imitando o haciendo sonidos.

Es recomendable conocer el cronograma normal de desarrollo cognitivo y físico. Así se sabrá que para los 15 meses debería entender cómo usar un cepillo o tenedor. A los 18 meses la mayoría dicen varias palabras y para los dos años la mayoría juntan palabras en oraciones. De la misma forma que si para los 18 meses no está caminando, es mejor llamar al médico. Los padres y las personas encargadas de los niños deben aprender los signos más importantes que indican si el niño se desarrolla con normalidad.

SINTOMAS:

Los padres o responsables deben anotar las observaciones, dudas e inquietudes antes de acudir al médico. ¿Por ejemplo, algo en particular con relación a la manera en que el niño habla o camina? ¿Ha dejado de hacer cosas que antes hacía muy bien? ¿Ha notado señales específicas de retrasos en su desarrollo físico, o en su desarrollo del lenguaje o la comunicación?

MEDICO:

Los bebés y niños deben ser evaluados informalmente durante las visitas médicas de rutina para verificar si hay cualquier retraso, y que se les evalúe formalmente a través de una prueba estructurada en las consultas de los 9, 18 y 30 meses. El médico también a través de exámenes estandarizados para la evaluación del desarrollo, donde medirá habilidades específicas de motricidad, comunicación y lenguaje, así como las habilidades cognitivas del niño. Los problemas de visión y de audición, los cuales podrían afectar otras áreas del desarrollo del niño, por eso el médico deberán examinar los ojos y las orejas del niño como parte de sus revisiones físicas.

El retraso en el desarrollo puede ser difícil de diagnosticar. Hay dos tipos de pruebas que se pueden hacer, evaluación del desarrollo y la evaluación del desarrollo. Los médicos y enfermeras utilizan la evaluación del desarrollo para saber si los niños están aprendiendo las destrezas básicas, o si van a tener problemas. El médico de su niño puede hacer preguntas o hablar y jugar con su hijo durante un examen para ver cómo él o ella aprenden, habla, actúa y se mueve. Puesto que no hay laboratorio o análisis de sangre para saber si su hijo tiene un retraso, la evaluación del desarrollo ayudará a saber si su hijo necesita ver a un especialista.

Un diagnóstico no puede hacerse simplemente mediante el uso de una prueba de detección. Si los resultados de una prueba de detección sugieren que un niño puede tener un retraso en el desarrollo, el niño debe ser referido para una evaluación del desarrollo.

Una evaluación del desarrollo, es una evaluación en profundidad de las habilidades de un niño y debe ser administrado por un profesional altamente capacitado, como un psicólogo del desarrollo, pediatra del desarrollo o un neurólogo pediátrico. Si los retrasos son sospechosos en una sola área, el niño puede ser referido a un especialista en esa área, como un terapeuta o patólogo del habla y lenguaje físico u ocupacional. En algunos casos, el desarrollo del niño puede ser evaluado por el programa de comunidades de intervención temprana. Si se confirma un retraso, entonces el niño se hará referencia a uno de los especialistas anteriores para tratar de resolver por qué el niño se retrasa. Los resultados de una evaluación del desarrollo se utilizan para

determinar si el niño está en la necesidad de nuevas pruebas de diagnóstico, servicios de intervención temprana y/o un plan de tratamiento.

Hay una variedad de herramientas de detección y evaluación para los profesionales a utilizar. Tratamientos de intervención temprana y terapias tienen las mayores tasas de éxito cuando se les proporciona a los niños pronto como sea posible en su desarrollo. Se anima a los padres de niños con problemas de retraso en el desarrollo para que su hijo sea evaluado por un médico en el momento oportuno.

2.7.4. INDICADORES DE DESARROLLO

Pero existen los indicadores de desarrollo que permiten a los padres o responsables poder determinar cómo se encuentra su hijo. Estos indicadores marcan un tiempo aproximado en el que ellos deben adquirir las habilidades. Estas escalas, además de ser una ayuda en la crianza, se convierten también en un deber de los padres, pues es su responsabilidad ofrecer un ambiente adecuado para que el pequeño desarrolle todas sus habilidades. “La diferencia es notoria entre un niño que está estimulado y uno que no lo está. Estos indicadores no solo marcan el peso y la talla de los niños, sino su desarrollo en aspectos como el lenguaje, el movimiento, la forma en la que aprende y hablan.

Estos indicadores son diferentes para cada edad, es decir los factores de alerta de las áreas de desarrollo no son iguales son diferentes para cada edad (Anexo B).

2.7.5. TRATAMIENTO DE LAS DIFICULTADES EN EL DESARROLLO

El tratamiento de las dificultades en el desarrollo de un niño, se da a través de la atención temprana, que es una actividad de contacto y juego con un bebé o niño que propicie, fortalezca y desarrolle adecuada y oportunamente sus potenciales humanos es decir su desarrollo. Tiene lugar mediante la repetición de diferentes ejercicios sensoriales que aumentan, por una parte, el control emocional, proporcionando al niño una sensación de seguridad y goce; y por otra, amplía la habilidad mental que le facilita el aprendizaje, ya que desarrolla destrezas para estimularse a sí mismo a través del juego libre y del ejercicio de la curiosidad y la exploración de la imaginación.

El crecimiento del bebé y del niño es un mundo frágil y fascinante. Frágil porque los humanos requerimos para nuestro desarrollo de muchos cuidados médicos, de alimentación, estímulos adecuados y de un entorno estable, lleno de afecto. Fascinante

porque cada ser encierra capacidades que se perfeccionan con el tiempo y que asombran por inesperadas.

La atención temprana, también llamada aprendizaje oportuno, ha evolucionado a través de los años, y lo ha hecho a la par de filosofía, la pedagogía, la psicología y las neurociencias. Hoy sabemos que el feto tiene desarrollada su memoria y los sentidos de la vista, el tacto y la audición. Que el recién nacido tiene rasgos temperamentales y que discrimina y muestra preferencia por ciertos estímulos visuales y auditivos. Que en los primeros cinco años de vida se forman alrededor del 90% de las conexiones sinápticas. Y que los programas de estimulación tienen efectos favorables a corto y largo plazo, siendo claramente evidentes sus beneficios durante la vida adulta del individuo. (LOPEZ, 2012)



CAPITULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se establecerá el diseño a desarrollar del sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo para niños menores a 5 años, se utilizará la metodología Buchanan pero tomando en cuenta siempre la estructura del Sistema Experto; se plantean las variables lingüísticas con el uso de la lógica difusa que serán parte principal para la base de conocimiento y el motor de inferencia, en base al método de singleton que reúne y unifica los resultados obtenidos por los valores de entrada y los conjunción en una variable única para poder ser evaluada en la función de salida, así también se analizarán y formalizarán los conocimientos del experto humano (pediatra) estructurando la información para el uso en el sistema experto.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO PROPUESTO

El modelo de la presente tesis, tiene como objetivo lograr diagnosticar y determinar un tratamiento oportuno al niño, es por eso que la forma de combinar la metodología Buchanan, que está compuesta de fases de desarrollo y del sistema experto, que contiene la base de hechos, de conocimiento y el motor de inferencia permitirán cumplir el objetivo.

Se utilizará como base principal la metodología Buchanan pero tomando en cuenta siempre la estructura de un Sistema Experto y a través de las reglas de producción se realizará de forma adecuada la representación del conocimiento, como se indicó en el capítulo II Marco Teórico. En la figura 3.1 se muestra en más detalle cómo está el modelo propuesto

La estructura de un Sistema Experto está conformado por:

- **Base de conocimientos (BC):** Contiene conocimiento modelado extraído del diálogo con un experto.

- **Base de hechos (Memoria de trabajo):** contiene los hechos sobre un problema que se ha descubierto durante el análisis.
- **Motor de inferencia:** Modela el proceso de razonamiento humano.
- **Lógica Difusa:** Define las variables lingüísticas y su dominio. Está define el modo del motor de inferencia, define la estructura de Base de Conocimientos.
- **Módulos de justificación:** Explica el razonamiento utilizado por el sistema para llegar a una determinada conclusión.
- **Interfaz de usuario:** es la interacción entre el SE y el usuario, y se realiza mediante el lenguaje natural

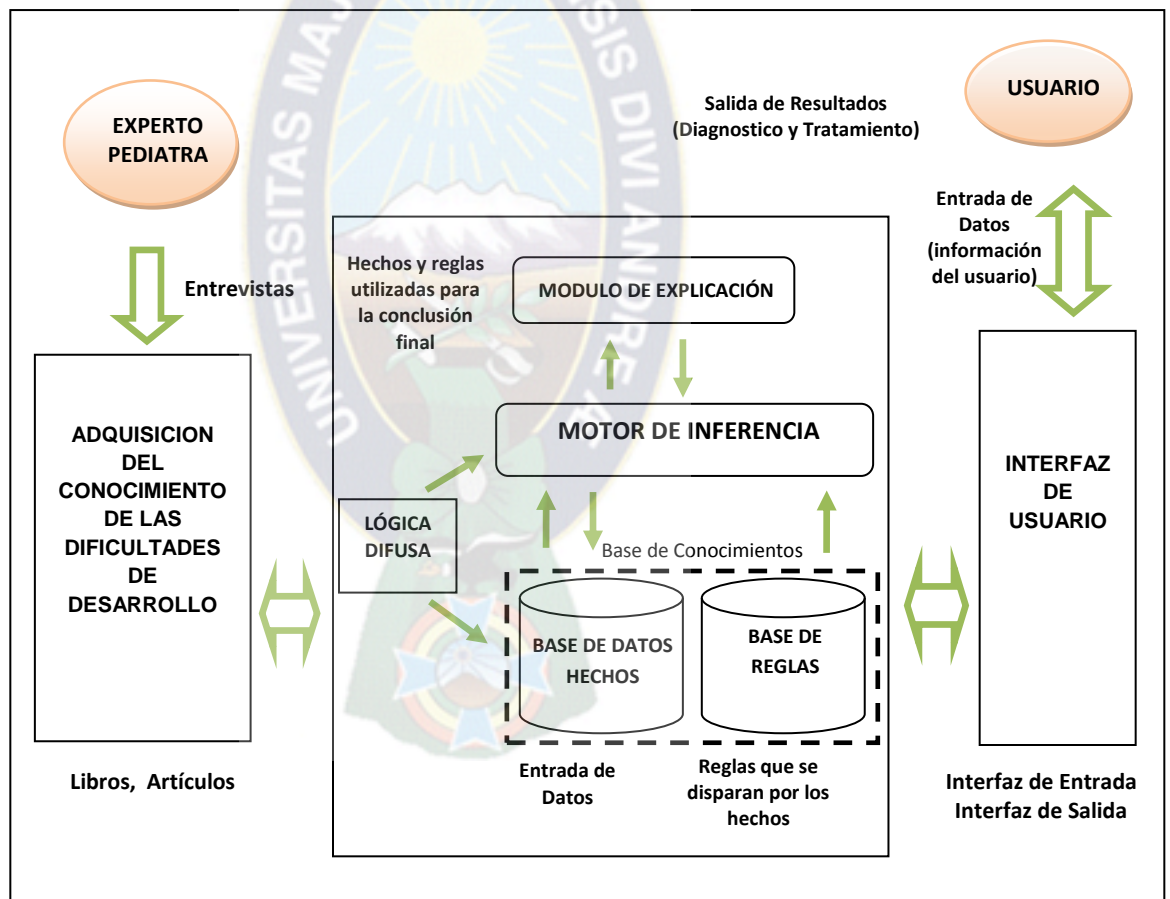


Figura 3. 1: Estructura del Sistema Experto para las Dificultades de Desarrollo
Fuente: [Modificado de Samper, 2004]

Tomando en cuenta la estructura que muestra la figura 3.1 y las fases de las que consta la metodología Buchanan se realiza el proceso de desarrollo.

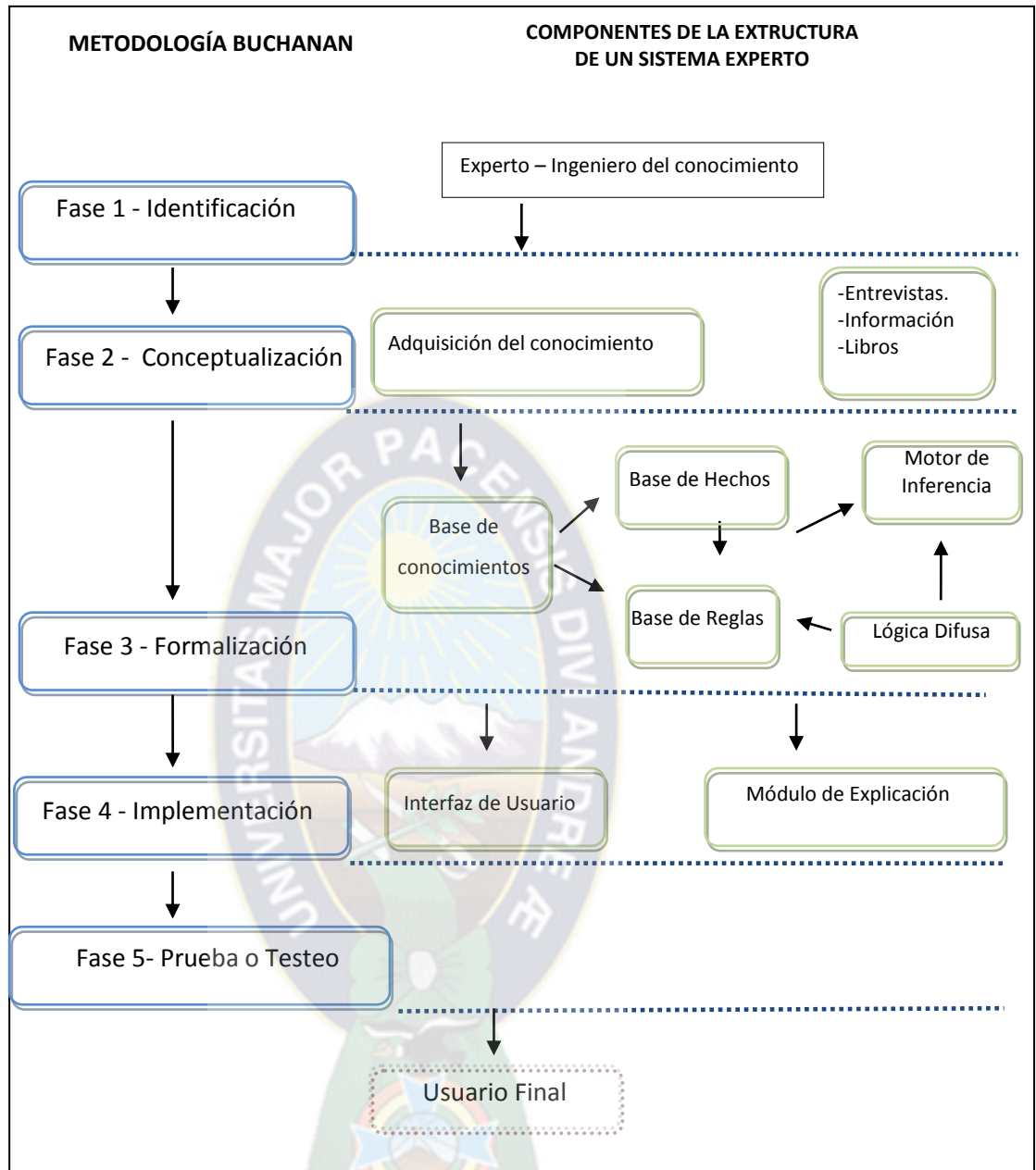


Figura 3.2: Proceso de Desarrollo del Sistema Experto Propuesto

Fuente: [Elaboración Propia]

En el proceso de desarrollo del sistema experto propuesto, se combinara la Metodología Buchanan y los procesos que tiene la estructura del sistema experto.

3.3. FASE 1 - IDENTIFICACIÓN

En la fase de identificación se realiza una investigación por parte del ingeniero del conocimiento quien define el tema y se identifica los problemas, establece la búsqueda de un experto humano que pueda colaborar con la estructuración del sistema experto mediante los conocimientos, estudios y experiencia que posee.

3.3.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En el capítulo I, se identifico el problema de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, por lo cual es muy importante contar con una herramienta práctica para diagnosticar y dar soluciones en un tiempo mínimo, éstas soluciones o tratamientos serán las respuestas a los distintos dificultades de desarrollo que tiene el niño. La identificación del problema permitirá plantear una solución acorde al requerimiento.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores y realizando un análisis de los mismos, el problema de la investigación es el siguiente: “De qué manera se puede dar un diagnostico y tratamiento a las dificultades que tiene en su desarrollo el niño menor a 5 años, y que este sea confiable”. Claramente una respuesta inmediata será como definimos también en el capítulo I del presente trabajo, desarrollar un sistema Experto que pueda diagnosticar y dar tratamiento, confiable.

3.3.2. BUSQUEDA DE UN EXPERTO

La búsqueda de un experto, básicamente se refiere a buscar a un experto humano que esté dispuesto a colaborar en la construcción del sistema; como también la definición de cuáles son las funciones o tareas más idóneas para ser realizadas por el sistema experto.

Bajo este concepto, el experto idóneo que pueda colaborar con la definición, problemas y respuestas sobre las dificultades de desarrollo se encuentra dentro del campo del desarrollo humano, es un especialista que puede detectar las dificultades de

desarrollo, pero generalmente lo conocemos como Pediatra o experto, y es así como nos referimos a él de ahora en adelante.

3.3.3. COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO

- **El experto humano:** Que pone los conocimientos especializados y experiencia a disposición del Sistema Experto. Como se mencionó en el punto anterior se cuenta con la colaboración de un Pediatra, que es un experto.
- **El Ingeniero del Conocimiento:** Que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa a la base de conocimientos.
- **El Usuario final:** Que aporta sus deseos y sus ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicar el Sistema Experto.

3.4. FASE 2 - CONCEPTUALIZACIÓN

Constituye la segunda fase de la Metodología de Buchanan, el entendimiento del dominio del problema y de la terminología usada, es decir a qué se refiere puntualmente las Dificultades de Desarrollo, también se define cuáles son los casos a considerar e incluir en la propuesta, la identificación y descripción de variables, como así también la modelización de la tarea que lleva a cabo el experto a la hora de resolver el problema.

Esta etapa permite conformar un marco inicial de los diferentes conocimientos del dominio que el experto utiliza durante la realización de su tarea. Esta fase se logra por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar los problemas. El experto de campo y el ingeniero del conocimiento definen el alcance del sistema experto. Una vez que ha sido identificado el dominio, el siguiente paso consiste en estructurar los conocimientos para modelar el comportamiento del experto en la solución del problema que son de su competencia en este caso el diagnóstico y el tratamiento de las dificultades de desarrollo.

En el proceso de investigación, se ha tratado de obtener una visión de muy bajo nivel del dominio, donde se llega a comprender el verdadero proceso de diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo que desempeñan los expertos.

3.4.1. ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO

La adquisición del conocimiento se puede definir como el proceso de recolectar información relevante a partir de distintas fuentes, libros, indicadores de desarrollo, signos de alerta o alarmas tempranas del desarrollo, artículos relacionados con las dificultades de desarrollo y muy primordialmente el conocimiento, criterio y experiencia del Experto Pediatra.

Para la adquisición del conocimiento se llevará a cabo dos pasos importantes, que se detallan a continuación:

- ✓ **Primer Paso:** Obtener información base sobre las dificultades de desarrollo, artículos, indicadores de desarrollo y aéreas de desarrollo, en el capítulo de Marco Teórico y principalmente de los capítulos I y II, esta información ha permitido estudiar y asimilar conocimientos, que ha permitido comprender mejor el tema (ver Anexo B).
- ✓ **Segundo Paso:** Realizar entrevistas al experto en el área para tener una mejor información del tema y un conocimiento a profundidad, cada entrevista tiene un propósito específico, la información recolectada de las entrevistas con el experto (Anexo A), permitirá satisfacer los siguientes objetivos:
 - El conocimiento reunido será exacto y completo.
 - Definir la estructura organizacional.
 - Definir la base de conocimiento.

3.4.2. PREPARACION DE LA ENTREVISTA

La preparación de la entrevista para el experto, es parte del primer paso para la adquisición de conocimiento. Se sigue el siguiente ciclo para cada sesión:

En las entrevistas con el experto se realizará las siguientes tareas:

1. Primeras reuniones para conceptos generales.
2. Extracción de conocimiento (a Partir de la documentación disponible, como por ejemplo, libros, indicadores de desarrollo, áreas de desarrollo, investigaciones, conferencias, experiencias, etc.)

3. Deducción de conocimiento (A partir de los expertos)

- ✓ Interrogantes iniciales
- ✓ Investigación profunda

a) Preparación de la sesión.

- ✓ Información a tratar.
- ✓ Amplitud, profundidad, etc.
- ✓ Técnica adecuada.
- ✓ Preparación de preguntas.

b) Sesión.

- ✓ Repaso del Análisis.
- ✓ Explicación al experto de los objetivos.
- ✓ Evaluación de la sesión con el experto.
- ✓ Resumen y comentarios del experto.

c) Transcripción.

d) Análisis de la sesión.

- ✓ Extracción de conocimientos concretos.
- ✓ Lectura para recuperar detalles olvidados.

3.4.3. SESIONES DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

En las sesiones de adquisición del conocimiento, el ingeniero del conocimiento se entrevista con el experto y de cada sesión se obtiene una conclusión de la información obtenida. Se realizaron dos entrevistas las mismas que se detallan en el Anexo A.

Primera Entrevista:

Conocimientos obtenidos

a) Requerimientos

Es la especificación de la información que se necesita para realizar determinadas tareas o funciones.

b) Clasificación.

En una condición y/o especificación técnica u operativa respecto de los requerimientos y su forma de subdividir y categorizar los conceptos.

c) Especificación de requerimientos.

Identificación detallada de la información que se necesita para realizar determinadas tareas o funciones, en nuestro caso para datos que servirán de entrada al SE.

d) Análisis de requerimientos

El estudio de los requerimientos especificados con el fin de sacar conclusiones, pueden ser: semántica, consistencia, etc.

Evaluación de la sesión

Se obtuvieron los resultados esperados. Se concluye que el Sistema Experto debe asistir al usuario en la clasificación de los indicadores de desarrollo de las dificultades de desarrollo, mediante el período de la información necesaria para tal fin, completando y llegando al diagnóstico, y un tratamiento adecuado.

Clasificación de los indicadores de desarrollo

Los niños tienen los siguientes indicadores de desarrollo:

- Socio-afectiva
- Motora
- Cognitiva
- Lenguaje

Segunda Entrevista:

Conocimientos obtenidos

a) Entradas del sistema

Contiene los datos de entrada al sistema para el diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo, con el objeto de poder justificar los pasos que sean necesarios para inferir el resultado.

b) Proceso de inferencia

El conocimiento inicial se genera a partir de los hechos representados, que al ser manipulados por los procesos de inferencia generan una respuesta.

c) Diagnóstico y tratamiento (salidas)

Encontrar los resultados que generan la salida inferida. Describe la solución al problema. En función de los hechos se deducen distintos valores de salida.

d) Evaluación de la sesión

Se obtiene resultados referidos a las variables de entrada a ser utilizadas en el sistema experto así como la clasificación según su incidencia en las dificultades de desarrollo, se establecieron las salidas que debe proporcionar el sistema experto como resultado del proceso.

e) Evaluación de la sesión

Se obtuvieron los resultados esperados. Se concluye que el Sistema Experto debe asistir al usuario en la clasificación de los indicadores de desarrollo de las dificultades de desarrollo, mediante el período de la información necesaria para tal fin, completando y llegando al diagnóstico, con un tratamiento adecuado.

3.4.4. IDENTIFICACION Y DEFINICION DE VARIABLES

La identificación de variables y sus posibles valores son definidos en base al conocimiento adquirido por el ingeniero del conocimiento. Después de realizar un análisis con la ayuda de la etapa de adquisición del conocimiento, se define entonces las variables.

La identificación de variables y sus posibles valores, es la información de entrada al sistema experto, proviene exclusivamente de aquellos síntomas propios y comunes de los niños con dificultades de desarrollo, es decir es el conocimiento adquirido por el ingeniero del conocimiento. Después de realizar un análisis y con la ayuda de la etapa de adquisición del conocimiento, se define entonces las variables, una breve descripción de ellas, y además sus posibles valores también junto a su descripción:

N°	SINTOMAS	VALORES
S1	No puede mantener la cabeza alzada y no trata de alzar el cuerpo cuando está boca abajo	Si, No
S2	No mantiene la cabeza fija, tiene necesidad de soporte	Si, No
S3	No se lleva las manos a la boca	Si, No
S4	Cuando está boca abajo no puede darse vuelta y quedar boca arriba	Si, No
S5	No puede gatear	Si, No

S6	No permanece de pie apoyándose	Si, No
S7	Mueve las piernas y los brazos con dificultad	Si, No
S8	No puede sentarse sin apoyo	Si, No
S9	No puede sostener un juguete y sacudirlo	Si, No
S10	No empuja con las piernas cuando tiene los pies sobre una superficie firme	Si, No

Tabla 3. 1 Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Motora
Fuente: [Elaboración Propia]

N°	SINTOMAS	VALORES
S1	No sonríe a otras personas	Si, No
S2	No Le gusta jugar con la gente	Si, No
S3	No copia movimientos ni gestos faciales	Si, No
S4	No reconoce las caras familiares	Si, No
S5	No le gusta mirarse en el espejo	Si, No
S6	No le gusta jugar con sus pares	Si, No
S7	Generalmente no se muestra feliz	Si, No
S8	Es uraño o tiene miedo	Si, No
S9	Cuando llora no puede calmarse sin ayuda	Si, No
S10	Llora todo el tiempo	Si, No

Tabla 3. 2: Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Socio- Afectiva
Fuente: [Elaboración Propia]

N°	DESCRIPCIÓN	VALORES
S1	No hace sonidos con la boca	Si, No
S2	No responde ante ruidos fuertes	Si, No
S3	No copia sonidos	Si, No
S4	No reacciona cuando dicen su nombre	Si, No

S5	No hace sonidos para demostrar alegría o descontento	Si, No
S6	No mueve la cabeza para buscar los sonidos	Si, No
S7	No llora cuando quiere algo	Si, No
S8	No señala las cosas	Si, No
S9	No hace señas para expresar sus emociones	Si, No
S10	No le gusta repetir sonidos por turno con los padres	Si, No

Tabla 3. 3: Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Lenguaje
Fuente: [Elaboración Propia]

N°	DESCRIPCIÓN	VALORES
S1	No sigue las cosas con los ojos.	Si, No
S2	No se interesa en las caras y las mira atentamente.	Si, No
S3	No reconoce objetos, juguetes, comida y personas	Si, No
S4	No va en busca de las cosas que usted esconde	Si, No
S5	No se pone las cosas en la boca	Si, No
S6	No pasa objetos de una mano a la otra con facilidad	Si, No
S7	No imita acciones	Si, No
S8	No juega con juguetes	Si, No
S9	No sonrío ni se río cuando te mira	Si, No
S10	No examina los objetos con las manos y la boca	Si, No

Tabla 3. 4: Variables de Entrada Dificultad de Desarrollo Cognitiva
Fuente: [Elaboración Propia]

✓ IDENTIFICACION DE LAS SALIDAS

La salida que el Sistema Experto proporcionará luego de haber realizado el proceso de inferencia lógica, un diagnóstico y tratamiento de dificultades de desarrollo para cada niño. En la Tabla 3.3, se presentan salidas generadas por el Sistema Experto.

DIAGNOSTICOS DE DIFICULTADES DE DESARROLLO
D1=Dificultad motora leve
D2= Dificultad motora moderado
D3= Dificultad motora grave
D4=Dificultad cognitiva leve
D5=Dificultad cognitiva moderado
D6= Dificultad cognitiva grave
D7=Dificultad socio-afectiva leve
D8=Dificultad socio-afectiva moderado
D9= Dificultad socio-afectiva grave
D10=Dificultad lenguaje leve
D11=Dificultad lenguaje moderado
D12= Dificultad lenguaje grave

Tabla 3. 5: Variables de Salida Diagnostico del Sistema Experto
Fuente: [Elaboración propia]

TRATAMIENTOS PARA LAS DIFICULTADES DE DESARROLLO
T1=Fisioterapia
T2=Terapia Psicológica
T3=Terapia Ocupacional
T4=Terapia psicomotriz
T5=Terapia auditiva
T6 =Terapia neurológica

Tabla 3. 6: Variables de Salida Tratamiento del Sistema Experto
Fuente: [Elaboración propia]

3.5. FASE 3 - FORMALIZACION

La etapa de formalización tiene como objetivo, expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que puedan ser utilizadas por una computadora.

El ingeniero del conocimiento empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema. En la fase se dan a conocer los pasos para la construcción del motor de inferencia que trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos.

A continuación se muestran como están relacionados la estructura básica para la organización del conocimiento, pues es una forma también de representar la memoria y la comprensión del lenguaje del ser humano.

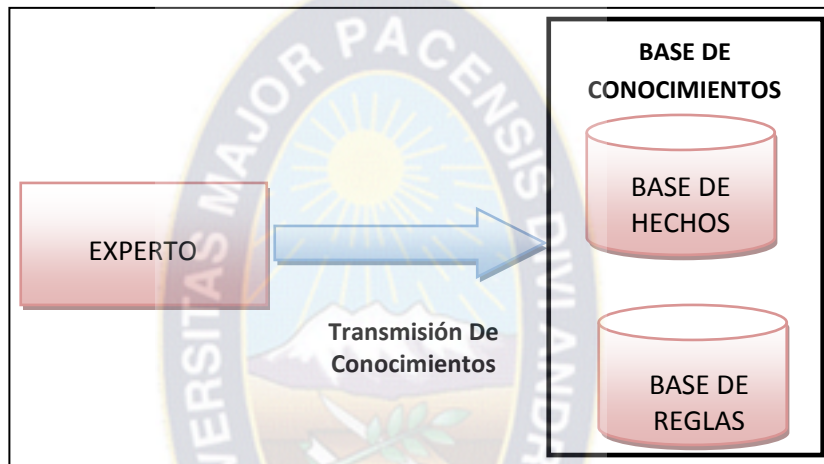


Figura 3. 3: Formalización del Sistema Experto
Fuente: [Elaboración propia]

3.5.1. BASE DE CONOCIMIENTO

La base de conocimientos contiene todos hechos, las reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importante para la solución del problema. Generalmente la base de conocimiento es una descripción de los conocimientos del experto, por lo tanto requiere de mecanismos que obtenga las inferencias adecuadas para resolver el problema, alguien que seleccione las reglas según corresponda y las vaya ejecutando, ese alguien llegaría a ser el motor de inferencias.

N°	VARIABLE	DESCRIPCION	VARIABLES LINGUISTICAS	VALORES
1	Dificultad Motriz	Se define como la dificultad de caminar, no poder gatear o poder mover las	DM	Leve Moderado Grave

		extremidades del cuerpo.		
2	Dificultad cognitiva	Se define al déficit de razonamiento.	DC	Leve Moderado Grave
3	Dificultad socio-afectiva	Significa que hay una necesidad de afecto y no tiene relación con otras personas.	DSA	Leve Moderado Grave
4	Dificultad del lenguaje	Es aquel que está localizado en el área comprendida	DL	Leve Moderado Grave

Tabla 3. 7: Variables Lingüísticas del Sistema Experto
Fuente: [Elaboración propia]

Ahora bien, para completar en este trabajo la base de conocimiento se dará paso a la construcción del módulo de la base de hechos y el módulo de la base de reglas, que se detalla en los siguientes pasos:

a) MÓDULO DE BASE DE HECHOS

Para cada síntoma (variable lingüística) se establece tres valores lingüísticos leve, moderado y grave, de acuerdo a la información del experto (pediatra) se generaron las tablas que conforman la base de hechos que serán consultadas para obtener, mediante el empleo de la lógica difusa, mediante sus funciones de pertenencia, se tienen diagnósticos con grados de pertenencia entre 0 y 1, siendo el diagnóstico con grado de pertenencia más cercano a 1 el más acertado.

Los hechos o antecedentes para el desarrollo de las reglas que determinarán el cumplimiento de las tareas fijadas sobre, dificultades de desarrollo son detallados en la tabla

VARIABLES	HECHOS DE 0 A 1 AÑO
Dificultad motora	<ul style="list-style-type: none"> No puede mantener la cabeza alzada o no trata de alzar el cuerpo cuando está boca abajo

	<ul style="list-style-type: none"> • No mantiene la cabeza fija, tiene necesidad de soporte • No se lleva las manos a la boca • Cuando está boca abajo no puede darse vuelta y quedar boca arriba • No puede gatear • No permanece de pie apoyándose • Mueve las piernas y los brazos con dificultad • No puede sentarse sin apoyo • No puede sostener un juguete y sacudirlo • No empuja con las piernas cuando tiene los pies sobre una superficie firme
Dificultad cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> • No sigue las cosas con los ojos • No se interesa en las caras ni las mira atentamente • No reconoce objetos, juguetes, comida y personas • No va en busca de las cosas que usted esconde • No se pone las cosas en la boca • No pasa objetos de una mano a la otra con facilidad • No imita acciones • No juega con juguetes • No sonríe ni se ríe cuando te mira • No examina los objetos con las manos ni la boca
Dificultad socio-afectiva	<ul style="list-style-type: none"> • No sonríe espontáneamente, especialmente con otras personas • No le gusta jugar con la gente • No copia movimientos ni gestos faciales • No reconoce las caras familiares • No le gusta mirarse en el espejo • No le gusta jugar con sus pares • Generalmente no se muestra feliz • Es uraño o tiene miedo • Cuando llora no puede calmarse sin ayuda • Lloro todo el tiempo
Dificultad en el lenguaje	<ul style="list-style-type: none"> • No hace sonidos con la boca • No responde ante ruidos fuertes • No copia sonidos

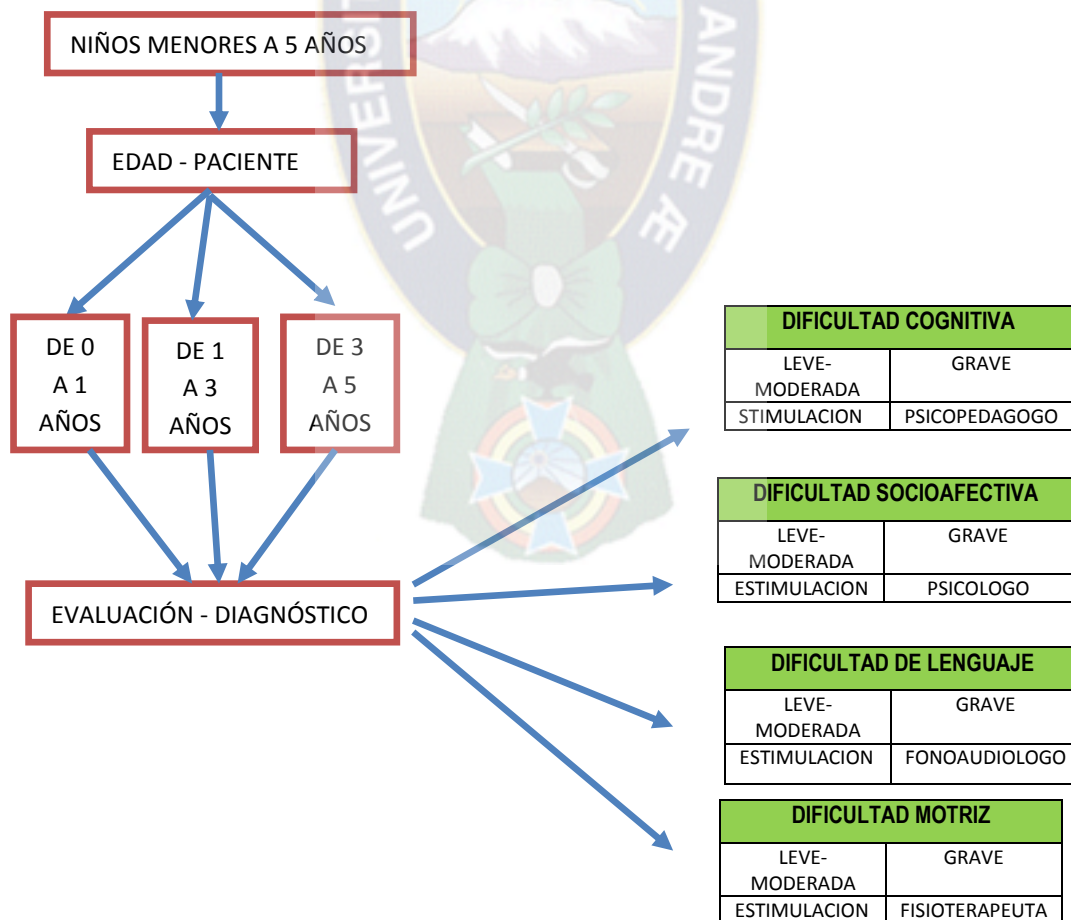
	<ul style="list-style-type: none"> • No reacciona cuando dicen su nombre • No hace sonidos para demostrar alegría o descontento • No mueve la cabeza para buscar los sonidos • No llora cuando quiere algo • No señala las cosas • No hace señas para expresar sus emociones • No le gusta repetir sonidos por turno con los padres
--	--

Tabla 3. 8: Lista de Hechos del Sistema Experto
Fuente: [Elaboración propia]

b) MÓDULO DE BASE DE REGLAS

➤ REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO ARBOL AND/OR

Para presentar el conocimiento abstracto se hará uso del árbol AND/OR, para diagnosticar en que etapa se encuentra las dificultades de desarrollo y de acuerdo a ello emitir un posible tratamiento, a continuación se muestra en la Figura.



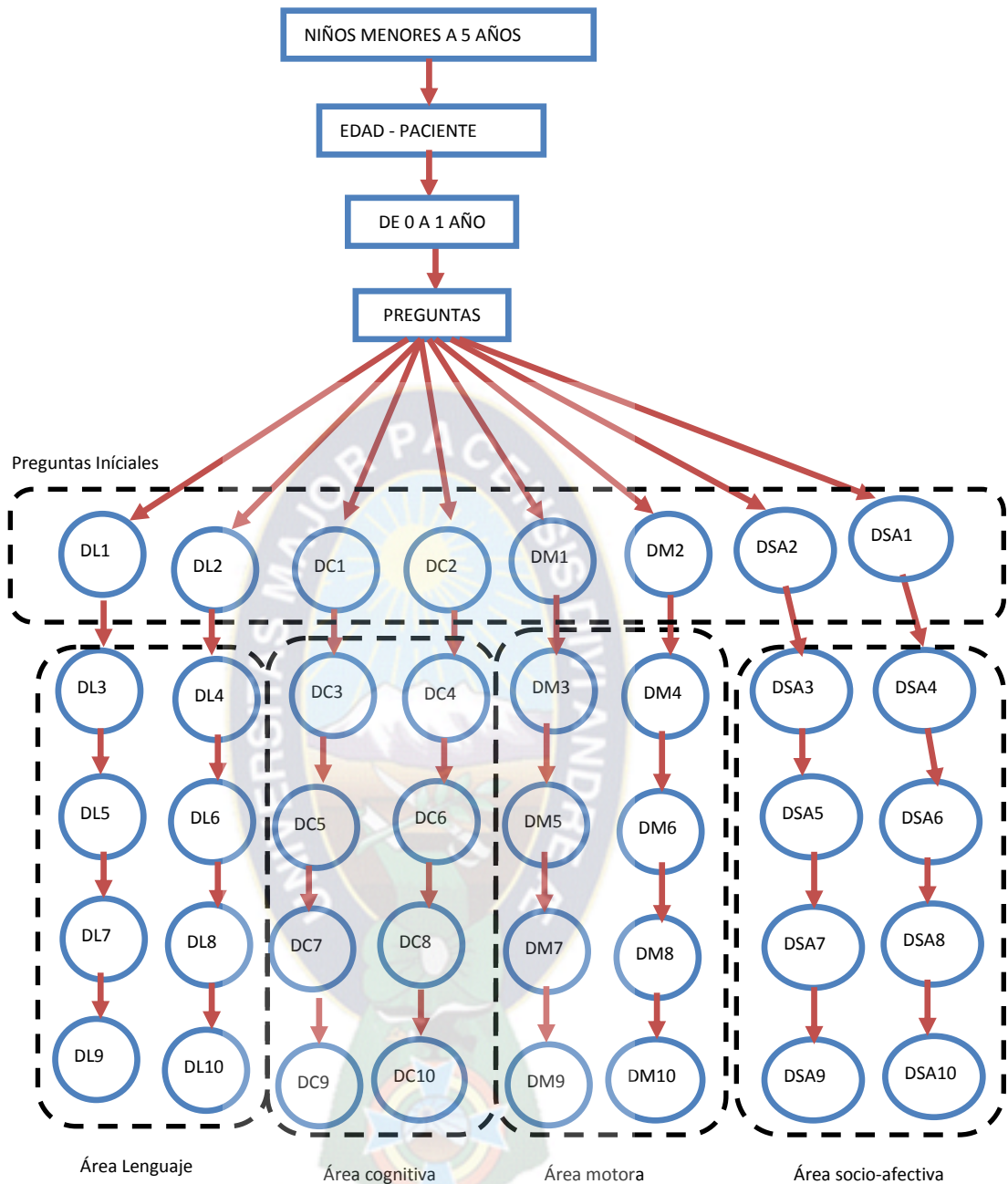


Figura 3. 4: Árbol de Decisión
Fuente: [Elaboración propia]

Se muestra en la figura de cómo están relacionadas las dificultades en cada área de desarrollo, se repite de 1 a 3 años y de 3 a 5 años.

➤ **DEFINICIÓN DE REGLAS**

Las reglas de producción se aplican sobre la base de hechos, es decir, las reglas son disparadas por los hechos que se encuentran en la base de hechos propiamente.

Cada regla requiere de una premisa y una conclusión para su formulación lógica. A continuación se describe parte de las reglas obtenidas para el sistema experto.

REGLAS	SI: ANTECEDENTE	ENTONCES CONSECUENTE
Regla 1:	Si no puede gatear Y no puede permanecer de pie apoyándose Entonces	DDMG
Regla 2:	El niño no busca las cosas que ve esconder Y no imita acciones Entonces	DDCG
Regla 3:	El niño no dice palabras sencillas como “mamá” o “papá” Y no aprende a usar gestos, como saludar con la mano o mover la cabeza ENTONCES	DDLG
Regla 4:	El niño no emite sonidos en respuesta a otros sonidos Y es apático y no responde a los estímulos de su cuidador ENTONCES	DDSAG
Regla 5:	El niño no busca las cosas que la ve esconder Y no mira hacia los objetos que se mueven ENTONCES	DDCM
Regla 6:	El niño no puede gatear ENTONCES	DDML
Regla7:	El niño no puede permanecer de pie apoyándose ENTONCES	DDMM
Regla 8:	El niño no busca las cosas que ve esconder ENTONCES	DDCL
Regla 9:	El niño no dice palabras sencillas como “mamá” o “papá”	DDLL
Regla 10:	El niño no aprende a usar gestos ENTONCES	DDLMM
Regla 11:	El niño no señala cosas ENTONCES	DDMM
Regla 12:	El niño no emite sonidos en respuesta a otros sonidos ENTONCES tiene retraso lenguaje moderado.	DDLMM
Regla 13:	El niño no mira hacia los objetos que se mueven ENTONCES tiene retraso cognitivo moderado.	DDCM
Regla 14:	El niño es apático y no responde a los estímulos de su cuidador ENTONCES tiene retraso social moderado.	DDSAM
Regla 15:	El niño no puede mantener la cabeza alzada ENTONCES tiene dificultad motora moderada	DDMM
Regla 16:	El niño no mantiene la cabeza fija, tiene necesidad de soporte ENTONCES	DDML
Regla 17:	El niño no se lleva las manos a la boca ENTONCES	DDMG

Regla 18:	El niño mueve las piernas y los brazos con dificultad ENTONCES	DDMG
Regla 19:	El niño no puede sentarse sin apoyo ENTONCES	DDMM
Regla 20:	El niño no puede sostener un juguete y sacudirlo	DDMM
Regla 21:	El niño no empuja con las piernas cuando tiene los pies sobre una superficie firme ENTONCES	DDMM
Regla 22:	El niño no mueve las piernas y los brazos con dificultad Y no puede sentarse sin apoyo	DDMG
Regla 23:	El niño no empuja con las piernas cuando tiene los pies sobre una superficie firme Y no puede gatear	DDMG
Regla 24:	El niño cuando está boca abajo no puede darse vuelta Y no puede sostener un juguete y sacudirlo	DDMG
Regla 25:	El niño no puede sentarse sin apoyo Y no mantiene la cabeza fija, tiene necesidad de soporte	DDMG
Regla 26:	El niño no sigue las cosas que se mueven con los ojos	DDCG
Regla 27:	El niño no se interesa en las caras ni las mira atentamente	DDCM
Regla 28:	El niño no reconoce objetos, juguetes, comida y personas	DDCM
Regla 29:	El niño no va en busca de las cosas que usted esconde	DDCM
Regla 30:	El niño no se pone las cosas en la boca	DDCM
Regla 31:	El niño no pasa objetos de una mano a la otra con facilidad	DDCM
Regla 32:	El niño no imita acciones	DDCM
Regla 33:	El niño no juega con juguetes	DDCM
Regla 34:	El niño no sonríe ni se ríe cuando te mira	DDCG
Regla 35:	El niño no examina los objetos con las manos ni la boca	DDCM
Regla 36:	El niño no imita acciones Y no se interesa en las caras ni las mira	DDCG

Regla 37:	El niño no sonríe ni se ríe cuando te mira Y no juega con juguetes	DDCG
Regla 38:	El niño no reconoce objetos, juguetes, comida y personas Y no juega con juguetes	DDCG
Regla 39:	El niño no sonríe a otras personas	DDSAG
Regla 40:	El niño no le gusta jugar con la gente	DDSAM
Regla 41:	El niño no copia movimientos y gestos faciales	DDSAM
Regla 42:	El niño no reconoce las caras familiares	DDSAM
Regla 43:	El niño no le gusta mirarse en el espejo	DDSAL
Regla 44:	El niño no le gusta jugar con sus pares	DDSAL
Regla 45:	El niño generalmente no se muestra feliz	DDSAM
Regla 46:	Es niño es uraño o tiene miedo	DDSAL
Regla 47:	Cuando llora no puede calmarse sin ayuda	DDSAM
Regla 48:	Llora todo el tiempo	DDSAM
Regla 49:	No le gusta jugar con la gente Y no copia movimientos, ni gestos faciales	DDSAG
Regla 50:	No le gusta jugar con sus pares Y es uraño o tiene miedo	DDSAG
Regla 51:	Generalmente no se muestra feliz Y llora todo el tiempo	DDSAG
Regla 52:	No reconoce las caras familiares Y es uraño o tiene miedo	DDSAG
Regla 53:	No hace sonidos con la boca	DDLML
Regla 54:	No responde ante ruidos fuertes	DDLGL
Regla 55:	No copia sonidos	DDLML
Regla 56:	No reacciona cuando dicen su nombre	DDLML
Regla 57:	No hace sonidos para demostrar alegría o descontento	DDL
Regla 58:	No mueve la cabeza para buscar los sonidos	DDLML
Regla 59:	No llora cuando quiere algo	DDL
Regla 60:	No señala las cosas	DDL
Regla 61:	No hace señas para expresar sus emociones	DDLML

Regla 62:	No le gusta repetir sonidos por turno con los padres	DDL M
Regla 63:	No hace sonidos con la boca Y no copia sonidos	DDL G
Regla 64:	No señala las cosas Y no llora cuando quiere algo	DDL G
Regla 65:	No mueve la cabeza para buscar los sonidos Y no copia sonidos	DDL G
Regla 66:	No reacciona cuando dicen su nombre Y no le gusta repetir sonidos por turno con los padres	DDL G

Tabla 3. 9: Reglas del Sistema Experto
Fuente: [Elaboración propia]

➤ DESCRIPCIÓN DE CONCLUSIONES

Una vez elaboradas las reglas de producción se dará paso al detalle de las conclusiones o consecuentes que se mostró anteriormente, es así que se presenta la siguiente tabla:

DIAGNOSTICO	CONSECUENTE	DETALLE
D1	DDM1	Corresponde a dificultad motora grave
D2	DDM2	Corresponde a dificultad motora moderada
D3	DDM3	Corresponde a dificultad motora leve
D4	DDC1	Corresponde a dificultad cognitiva grave
D5	DDC2	Corresponde a dificultad cognitiva moderada
D6	DDC3	Corresponde a dificultad cognitiva leve
D7	DDL1	Corresponde a dificultad de lenguaje grave
D8	DDL2	Corresponde a dificultad de lenguaje moderado
D9	DDL3	Corresponde a dificultad de lenguaje leve
D10	DDSA1	Corresponde a dificultad socio-afectiva grave
D11	DDSA2	Corresponde a dificultad socio-afectiva moderada
D12	DDSA3	Corresponde a dificultad socio-afectiva leve

Tabla 3. 10: Conclusiones del Sistema
Fuente: [Elaboración propia]

Una vez que se el diagnóstico se determina el tratamiento a seguir, dependiendo el grado de dificultad. A continuación se describe las actividades de estimulación para dificultad leve y moderada.

ACTIVIDAD DE ESTIMULACIÓN DE 0 A 1 AÑO	
ÁREA SOCIOFECTIVA	
ACTIVIDAD 1: La hora de dormir	
Objetivo específico: Promover la tranquilidad	
Recursos: Arrullos, música.	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Cante arrullos al niño, durante los momentos en que se está quedando dormido. Haga que su voz sea melodiosa y cada vez más suave. 	
ACTIVIDAD 1: El juego de imitar	
Objetivo específico: Aprender a observar e imitar los gestos de otros	
Recursos: Gestos, mímica y chasquidos	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Haga caras chistosas frente al bebé: sáquele la lengua, abra la boca, chasquee los labios, sonría, abra y cierre los ojos. • Sea repetitivo en sus gestos para darle al niño oportunidad de remedar y gozar de lo que usted hace. • Esté atento a cualquier respuesta del niño y refuércela inmediatamente 	
ACTIVIDAD DE ESTIMULACIÓN	
ÁREA LENGUAJE	
ACTIVIDAD 1: El lenguaje	
Objetivo específico: Familiarizar al niño con el lenguaje hablado.	
Recursos: Lenguaje	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Converse con el niño de distintos temas mientras lo baña, da a tomar su leche o prepara al niño para la siesta. Asegúrese de darle entonación a sus palabras. Hable de la familia, los hermanos, la casa, la ropa que se va a poner. Llame a cada cosa por su nombre 	
ACTIVIDAD 2: Sonidos Guturales	
Objetivo específico: Promover la interacción verbal	
Recursos: Sonidos guturales, gestos	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Refuerce en el niño la emisión de sonidos y la imitación de gestos. Cuando emita un sonido gutural o haga un gesto imítelo o dígame Sí. 	
ACTIVIDAD DE ESTIMULACIÓN	
ÁREA COGNITIVA	
ACTIVIDAD 1: Una forma de conocer el mundo	
Objetivo específico: Conocer el mundo a través de los sentidos.	
Recursos: El cuerpo del niño, frutas, tierra húmeda, verduras, flores, linterna, móviles, grabación de la naturaleza, música instrumental.	
Descripción:	
Permita al niño experimentar diferentes sensaciones	
Sensaciones táctiles	
<ul style="list-style-type: none"> • Acaricie todo el cuerpo mientras lo cambia de pañal. 	

<ul style="list-style-type: none"> • Deje al niño desnudo por unos segundos, y si el clima lo permite, llévelo así a tomar el sol y sentir en su cuerpo la brisa. • Ofrezca al niño juguetes suaves y limpios, para que se los pueda llevar a la boca. • Mantenga las uñas del niño bien cortadas, para que sin riesgo pueda explorar su propio rostro. <p>Sensaciones olfativas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Haga oler al bebe tierra húmeda y diferentes frutas, verduras y flores. <p>Sensaciones visuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exponga al bebe al movimiento de un haz de luz de linterna que se refleja en el techo o en una pared. Recuerde que la habitación debe estar oscura o semioscura. • Enseñe la diferencia entre la luz de mañana, del mediodía y del atardecer. <p>Sensaciones Auditivas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Haga escuchar al niño distintos sonidos de la naturaleza: el soplo del viento, el canto de los pájaros, el sonido del agua de mar. • Toque música instrumental y armoniosa
ACTIVIDAD 2: Escuchar, escuchar
Objetivo específico: Desarrollar la capacidad de escuchar sonidos.
Recursos: la voz de mamá o cualquier objeto que emita sonidos agradables, como una campana o un sonajero.
Descripción:
<ul style="list-style-type: none"> • Emita sonidos desde diferentes sitios de la habitación, dándole la oportunidad al niño de encontrar la ubicación exacta de la fuente del sonido.
ACTIVIDAD DE ESTIMULACIÓN
ÁREA MOTRIZ
ACTIVIDAD 1: Ejercicios para el cuerpo
Objetivo específico: Fortalecer los músculos del cuerpo para desarrollar capacidades posturales.
Recursos: niño, facilitador (padre o responsable), ejercicios, cascabeles, sonajeros.
Descripción:
<p>Brazos y piernas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acueste al bebe boca arriba. Tómelo suavemente de los pies y manos y realice flexiones, luego movimientos circulares con las piernas y los brazos. • Ate un cascabel en las muñecas y tobillos del bebé. La curiosidad del sonido hará que el niño agite sus miembros, fortaleciendo así sus piernas y brazos <p>Brazos y abdomen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponga al bebe acostado boca arriba, móvelo para que él le agarre de los dedos pulgares. Levántelo suavemente y vuélvalo a acostar. <p>Brazos y tórax</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acueste al bebe boca arriba. Con delicadeza separe sus manos a la altura del pecho. <p>Piernas</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Siéntese en el piso y cargue al bebe tomándolo por las axilas, hasta lograr que las plantas de los pies toquen su regazo y se estiren. • Mantenga al niño en esta posición de pie haciendo que soporte su propio peso. <p>Repita los ejercicios periódicamente, móvelo para que haga los ejercicios, háblele mientras lo realiza, no canse al bebe.</p>
ACTIVIDAD 2: Balanceo del cuerpo
Objetivo específico: Desarrollar equilibrio y la confianza.
Recursos: Rimas
Descripción:
<ul style="list-style-type: none"> • Acueste su cuerpo sobre una superficie plana y siente al bebe en su pecho. Tómelo con mucho cuidado de su espalda y cabeza, balancéense de manera suave hacia los lados, hacia atrás y adelante. Mientras realiza la actividad cante una rima suavemente y repítala.

Tabla 3. 11: Actividades de Estimulación - Tratamiento

Fuente: [Elaboración propia]

3.5.2. MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia, es el corazón de todo sistema experto. La tarea principal de este componente, es sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos. En nuestro caso el diagnóstico médico, los síntomas de un paciente (datos) son analizados por los síntomas y las enfermedades de sus relaciones (conocimiento).

El motor de inferencia es responsable de la propagación de este conocimiento incierto. De hecho, en los sistemas expertos basados en probabilidades, la propagación de incertidumbre es la tarea principal del motor de inferencia, que permite sacar conclusiones bajo incertidumbre.

Se realiza el proceso de inferencia con los síntomas de entrada, se aplica la, lógica difusa para las variables lingüísticas, y así obtener un valor óptimo de modo que permita encontrar el diagnóstico correcto o adecuado:

$$\text{Diagnostico} = (D1, D2, D3, \dots, DN)$$

Salida: Procesa el diagnóstico y tratamiento que es el resultado de la consulta realizada en función de los síntomas que son (datos de entrada), la base de conocimiento (reglas de producción) y el motor de inferencia.

Un paciente (niño) Pn puede tener un grado de Dificultad donde:

$$P_n = \{\text{Diagnóstico}\}$$

3.5.3. FUZZIFICACION

Transforma las variables de entrada en variables difusas. Para ello se deben tener los rangos de variación de las variables de entrada y los conjuntos difusos asociados con sus respectivas funciones de pertenencias. Es decir, este proceso establece el grado de pertenencia a uno o varios de los conjuntos difusos.

Formalizamos, las variables lingüísticas con el uso de la lógica difusa. A continuación parte de la fuzzificación obtenida para el sistema experto:

Variable lingüística de Dificultad Motriz

Luego de obtener y analizar los valores lingüísticos para la “dificultad motora” se realizó el rango de probabilidad de cada uno de ellos, mostrados en la Figura

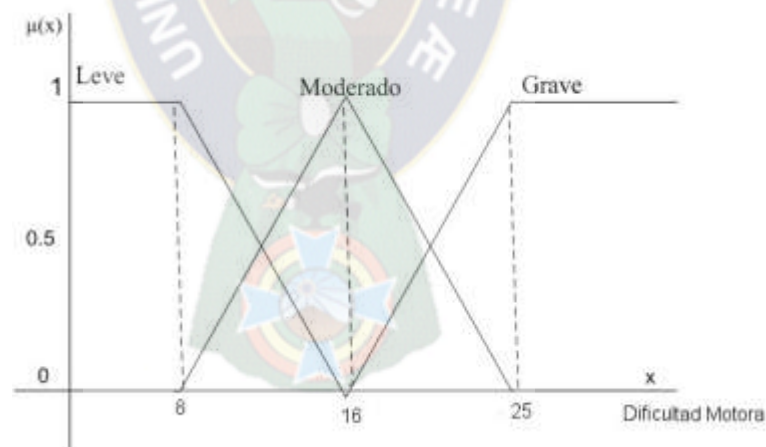


Figura 3. 5: Conjunto difuso de la variable dificultad motora

Fuente: [Elaboración propia]

Analizando la gráfica de la función de pertenencia para “dificultad motora”, se logró realizar las siguientes funciones para cada uno de los valores.

$$\text{Leve}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x \leq 8 \\ (16-x)/8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ 0 & \text{Si } x \geq 16 \end{cases}$$

$$\text{Moderado}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 8 \\ (x-8)/8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ (25-x)/9 & \text{Si } 16 < x < 25 \\ 0 & \text{Si } x \geq 25 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 16 \\ (x-16)/8 & \text{Si } 16 \leq x < 25 \\ 1 & \text{Si } x = 25 \end{cases}$$

Figura 3. 6: Valores de la variable dificultad motora

Fuente: [Elaboración propia]

Variable lingüística de Dificultad Cognitiva

Luego de analizar y obtener y analizar los valores lingüísticos para la “dificultad cognitiva” se realizó el rango de probabilidad de cada uno de ellos, mostrados en la figura 3.10.

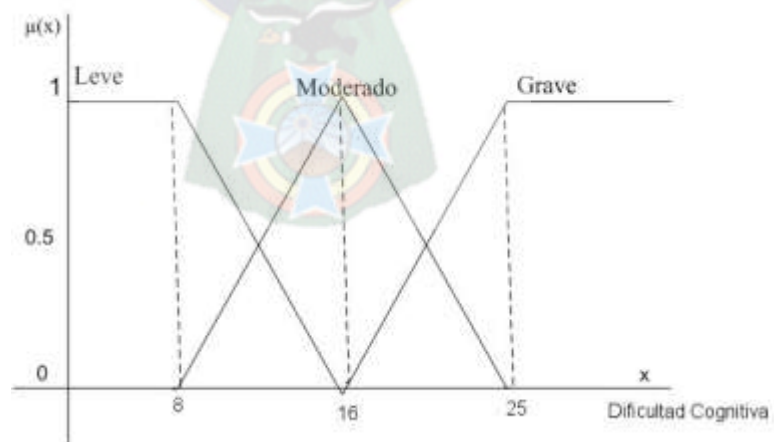


Figura 3. 7: Conjunto difuso de la variable dificultad cognitiva

Fuente: [Elaboración propia]

Analizando la gráfica de la función de pertenencia para la “dificultad cognitiva”, se logró realizar las funciones para cada uno de los valores.

$$\text{Leve}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x \leq 8 \\ (16 - x) / 8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ 0 & \text{Si } x \geq 16 \end{cases}$$

$$\text{Moderado}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 8 \\ (x - 8) / 8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ (25 - x) / 9 & \text{Si } 16 < x < 25 \\ 0 & \text{Si } x \geq 25 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 16 \\ (x - 16) / 8 & \text{Si } 16 \leq x < 25 \\ 1 & \text{Si } x = 25 \end{cases}$$

Figura 3. 8: Valores de la variable dificultad cognitiva

Fuente: [Elaboración propia]

Variable lingüística de Dificultad Socio-afectiva

Luego de analizar y obtener y analizar los valores lingüísticos para la “dificultad socio-afectiva” se realizó el rango de probabilidad de cada uno de ellos, mostrados en la figura 3.12.

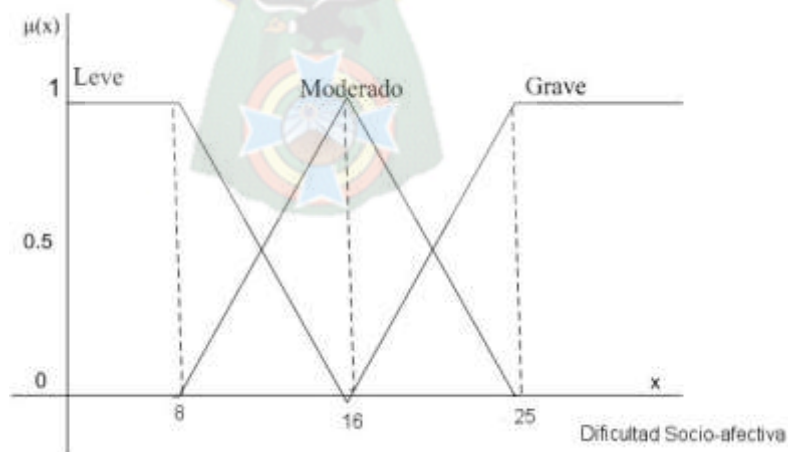


Figura 3. 9: Conjunto difuso de la variable dificultad socio-afectiva

Fuente: [Elaboración propia]

Analizando la gráfica de la función de pertenencia para la “dificultad socio-afectiva”, se logró realizar las funciones para cada uno de los valores.

$$\text{Leve}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x \leq 8 \\ (16-x)/8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ 0 & \text{Si } x \geq 16 \end{cases}$$

$$\text{Moderado}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 8 \\ (x-8)/8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ (25-x)/9 & \text{Si } 16 < x < 25 \\ 0 & \text{Si } x \geq 25 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 16 \\ (x-16)/8 & \text{Si } 16 \leq x < 25 \\ 1 & \text{Si } x = 25 \end{cases}$$

Figura 3. 10: Valores de la variable dificultad socio-afectiva

Fuente: [Elaboración propia]

Variable lingüística de Dificultad del Lenguaje

Luego de analizar y obtener y analizar los valores lingüísticos para la “dificultad del lenguaje” se realizó el rango de probabilidad de cada uno de ellos, mostrados en la figura 3.14.

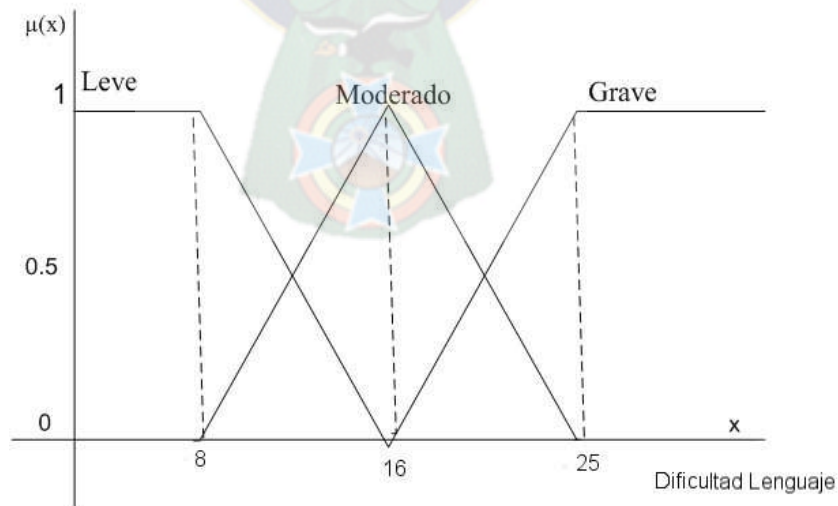


Figura 3. 11: Conjunto difuso de la variable dificultad del lenguaje

Fuente: [Elaboración propia]

Analizando la gráfica de la función de pertenencia para la “dificultad del lenguaje”, se logró realizar las funciones para cada uno de los valores.

$$\text{Leve}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x \leq 8 \\ (16-x)/8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ 0 & \text{Si } x \geq 16 \end{cases}$$

$$\text{Moderado}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 8 \\ (x-8)/8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ (25-x)/9 & \text{Si } 16 < x < 25 \\ 0 & \text{Si } x \geq 25 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 16 \\ (x-16)/8 & \text{Si } 16 \leq x < 25 \\ 1 & \text{Si } x = 25 \end{cases}$$

Figura 3. 12: Valores de la variable dificultad del lenguaje
Fuente: [Elaboración propia]

A partir de los resultados obtenidos en las variables de entrada, las respuestas correspondientes a cada variable estarán evaluadas en las funciones de pertenencia de cada una respectivamente dando como resultado un valor que se encuentra en el intervalo [0,1] y todos estos resultados formaran parte del vector de entrada.

Variable lingüística para los Síntomas

Luego de obtener y analizar los valores lingüísticos para los “síntomas” se realizó el rango de probabilidad de cada uno de ellos, mostrados en la figura 3.14.

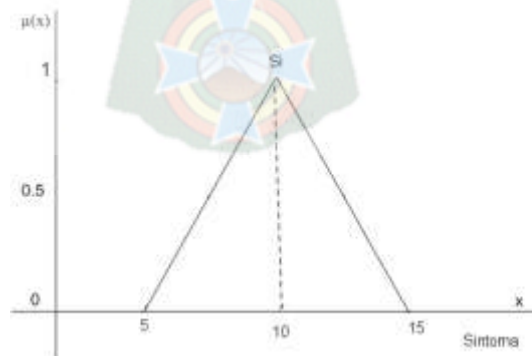


Figura 3. 13: Conjunto difuso de la variable síntoma
Fuente: [Elaboración propia]

Analizando la gráfica de la función de pertenencia para los “síntomas”, se logró realizar las funciones para cada uno de los valores.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 5 \\ (x - 5) / 5 & \text{Si } 5 \leq x < 10 \\ (15 - x) / 5 & \text{Si } 10 < x < 15 \\ 0 & \text{Si } x \geq 15 \end{cases}$$

Figura 3. 14: Valores de la variables síntomas

Fuente: [Elaboración propia]

El cual nos permite establecer un conjunto de salida que corresponderá a una función de pertenencia y por consiguiente pertenecer a un tipo de dificultad de desarrollo para su correspondiente tratamiento según el diagnóstico [D1, D2, D3,..., D12].

3.5.4. DESFUZZIFICACION DE LAS VARIABLES

Una vez que se obtiene el valor de entrada, se evalúa en las funciones de pertenencia de los diferentes conjuntos difusos, se debe tomar el mínimo valor entre dos conjuntos difusos para luego aplicar el Método de Singleton para la defuzzificación.

El método consiste en obtener un valor numérico para cada una de las salidas del sistema a partir de los conjuntos borrosos a los que pertenecen, es por ello que se utilizará el Método de Singleton, que consiste en calcular un promedio de los centroides de las funciones de pertenencia de los conjuntos de salidas activadas y su fórmula está dada por:

$$\frac{D1 * \mu_{D1}(x) + D2 * \mu_{D2}(x) + D3 * \mu_{D3}(x) + \dots + D10 * \mu_{D10}(x) + D11 * \mu_{D11}(x) + D12 * \mu_{D12}(x)}{D1(x) + \mu_{D2}(x) + \mu_{D3}(x) + \dots + \mu_{D10}(x) + \mu_{D11}(x) + \mu_{D12}(x)}$$

Los síntomas inciertos, pero además ambiguos serán resueltos con la lógica difusa. Por ejemplo se tiene:

➤ **Grado de Dificultad Motora Leve**

$$\text{Leve}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Si } x \leq 8 \\ (16 - x) / 8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ 0 & \text{Si } x \geq 16 \end{cases}$$

Tomamos un valor de 8,5 para grado de propagación, que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso

$$\mu_{\text{Leve}}(8,5) = (16 - 8,5) / 8 = 0,94$$

➤ **Grado de Dificultad Cognitiva Grave**

$$\text{Grave}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 16 \\ (x - 16) / 8 & \text{Si } 16 \leq x < 25 \\ 1 & \text{Si } x = 25 \end{cases}$$

Tomamos un valor de 18,5 para grado de propagación, que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso

$$\mu_{\text{Grave}}(18,5) = (18,5 - 16) / 8 = 0,31$$

➤ **Grado de Dificultad Socio-afectiva Moderado**

$$\text{Moderado}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 8 \\ (x - 8) / 8 & \text{Si } 8 \leq x < 16 \\ (25 - x) / 9 & \text{Si } 16 < x < 25 \\ 0 & \text{Si } x \geq 25 \end{cases}$$

Tomamos un valor de 19,5 para grado de propagación, que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso

$$\mu_{\text{Moderado}}(19,5) = (25 - 19,5) / 9 = 0,61$$

Finalmente estos datos serán reemplazados en el Método de Singleton para la defuzzificación. Con lo que se puede concluir el grado de certeza para diagnosticar las dificultades de desarrollo.

3.6. FASE 4 - IMPLEMENTACION

En esta fase del desarrollo del sistema experto para el diagnostico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, se utiliza el lenguaje Prolog que es especialmente orientado al desarrollo de sistemas expertos.

La herramienta que se utilizo para la implementación del prototipo es lenguaje Swi-Prolog como motor de inferencia, por que maneja tareas lógicas adecuadas para el sistema experto, y para diseñar el interfaz del sistema experto se utilizará Swi-Prolog-Editor, que sea más amigable para el usuario.

Una vez realizado la adquisición de conocimientos y la construcción de la base de conocimiento, base de hechos y base de reglas, que serán ejecutadas por el motor de inferencia, finalmente queda realizar la implementación del proyecto realizando el desarrollo de un prototipo.

SOFTWARE REQUERIDO:

SOFTWARE	TIPO	VERSIÓN	ESPACIO REQUERIDO
Sistema Experto DD	Diagnóstico y tratamiento de las Dificultades de Desarrollo	V.1.0	5 MB
Swin Prolog	Lenguaje de Programación lógica	V.7.1.28	42 MB
Windows	Sistema operativo	XP, vista,7	500 MB
Acrobat	PDF	5.0 superior	20 MB

Tabla 3. 12: Requerimientos Mínimos Software
Fuente: [Elaboración propia]

HARDWARE REQUERIDO:

DISPOSITIVO	TIPO	MODELO	CAPACIDAD
Procesador	Pentium 4	Intel o AMD	800 MHz
Teclado y mouse	Genérico		
Disco duro	Genérico		10 Gb
Monitor	Benéfico	VGA	640X480 PIXELES

Tabla 3. 13: Requerimientos Mínimos Hardware
Fuente: [Elaboración propia]

3.6.1. MODULO DE EXPLICACIÓN

El módulo de explicación justifica el proceso de razonamiento que ha seguido el sistema experto para llegar a sus conclusiones.

Si el usuario desea saber la línea de razonamiento del sistema experto para alcanzar una conclusión, éste le presentará la secuencia completa de hechos, es decir, los antecedentes que fueron incorporados en el motor de inferencia para concluir una determinada respuesta, para ello se incorpora una en el prototipo que muestre dicho requerimiento.

3.6.2. INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz, es el puente que permite la comunicación entre el humano y la máquina. Ofrecen al usuario una posibilidad de entrada y salida del sistema. En la interfaz, el usuario debe seleccionar comenzar para ingresar al sistema y posteriormente introducir los síntomas para realizar la consulta. Como resultado de interactuar con las reglas del motor de inferencia con un término de la estructura de la base de conocimiento, el sistema debe proporcionar opciones de consulta, el cual está almacenado en la base de conocimiento.

El diseño de interfaz de usuario se refiere a la interacción entre un sistema experto un usuario, que este se diseña en lenguaje natural, también es altamente interactiva y sigue el patrón de la conservación, da un diagnóstico y posible tratamiento.

REPRESENTACIÓN DE SALIDAS

Una vez concluida la versión del prototipo se muestra las salidas de ejecución del programa, mostrando el proceso de recolección de información sobre el usuario (antecedentes), seguido de la conclusión final del Sistema Experto (consecuente).

➤ **INICIO DEL PROGRAMA**

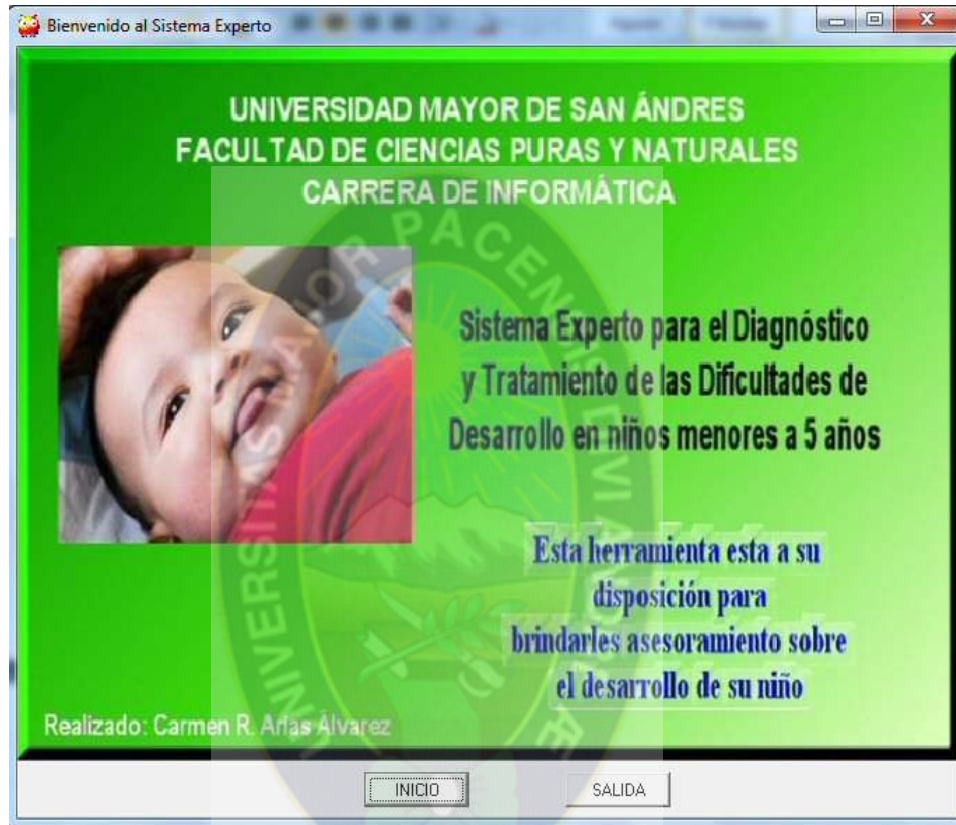


Figura 3. 15: Pantalla de ingreso al Sistema

Fuente:[Elaboración propia]

La siguiente pantalla, permite el ingreso al sistema experto se debe seleccionar el botón Inicio, luego se cargara una pantalla donde se permite seleccionar la edad, el usuario debe seleccionar entre que rango esta el niño para la consulta con el sistema experto.

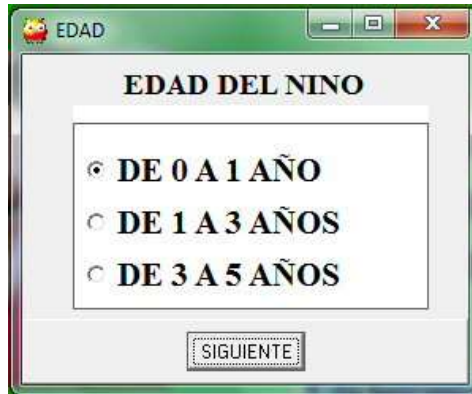


Figura 3. 16: Pantalla Edad del niño
Fuente:[Elaboración propia]

Una vez seleccionada la edad, presionar el botón Siguiente, luego se carga la pantalla de preguntas, en ella se encuentran 8 preguntas, 2 preguntas de cada área del desarrollo, si las dos preguntas del área tienen seleccionado no entonces se tiene una dificultad en el área del desarrollo.

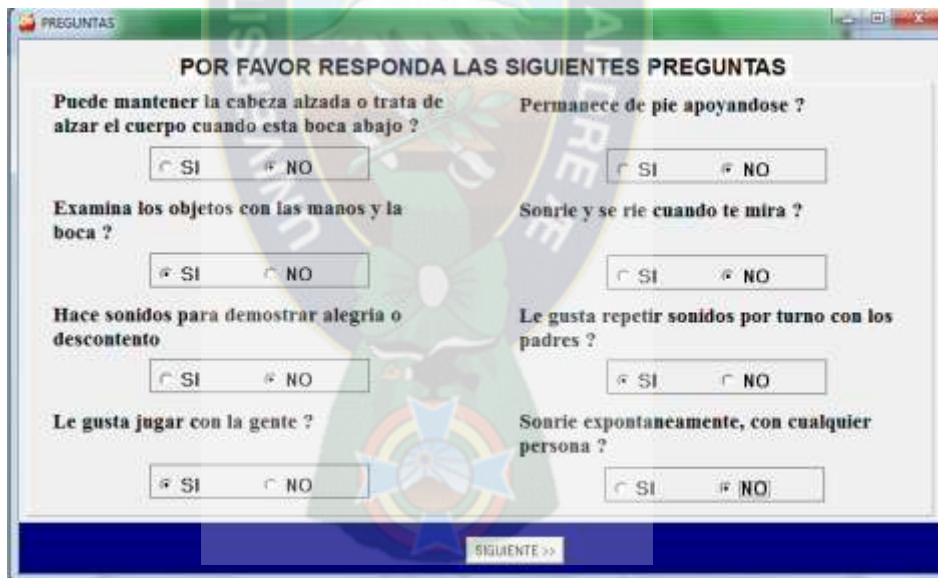


Figura 3. 17: Pantalla de Preguntas

Fuente:[Elaboración propia]

Como las 2 primeras preguntas tenían no, se cargo la pantalla de preguntas del área de desarrollo motora para determinar el grado de dificultad que tiene el niño.

POR FAVOR RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS

Puede mantener la cabeza alzada o trata de alzar el cuerpo cuando esta boca abajo ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Permanece de pie apoyandose ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Mantiene la cabeza fija, sin necesidad de soporte ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Puede sostener un juguete y sacudirlo ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Cuando esta boca abajo puede darse la vuelta y quedar boca arriba ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Puede sentarse sin apoyo ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Puede gatear ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Empuja con las piernas cuando tiene los pies sobre una superficie firme ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO

SIGUIENTE >>

Figura 3. 18: Pantalla de Preguntas Área Motora
Fuente:[Elaboración propia]

Si segunda fila de preguntas tenían no, se cargo la pantalla de preguntas del área de desarrollo cognitiva para determinar el grado de dificultad que tiene el niño.

POR FAVOR RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS

Puede mantener la cabeza alzada o trata de alzar el cuerpo cuando esta boca abajo ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Permanece de pie apoyandose ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Examina los objetos con las manos y la boca ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Sonrie y se rie cuando te mira ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Le gusta jugar con la gente ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Sonrie espontaneamente, con cualquier pers <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
Hace sonidos para demostrar alegria o dese <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO	Le gusta repetir sonidos por turno con los padres ? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO

SIGUIENTE >>

Figura 3. 19: Pantalla de Preguntas Área Cognitiva
Fuente:[Elaboración propia]

Si las tercera fila de preguntas tenían no, se cargo la pantalla de preguntas del área de desarrollo cognitiva para determinar el grado de dificultad que tiene el niño.

Figura 3. 19: Pantalla de Preguntas Área de Lenguaje
Fuente:[Elaboración propia]

Si las cuarta fila de preguntas tenían no, se cargo la pantalla de preguntas del área de desarrollo cognitiva para determinar el grado de dificultad que tiene el niño.

Figura 3. 21: Pantalla de Preguntas Área Socio-afectiva
Fuente:[Elaboración propia]

Si las cuarta fila de preguntas tenían no, se cargo la pantalla de preguntas del área de desarrollo cognitiva para determinar el grado de dificultad que tiene el niño.

Una vez respondidas las preguntas, se selecciona el botón Siguiente, se emite el diagnóstico donde se muestra el grado de dificultad en cada área.



Figura 3. 20: Pantalla de Diagnostico
Fuente:[Elaboración propia]

Además, se muestra como están todas las áreas y se da un tratamiento al área que muestra una dificultad de moderada a grave. Se muestra el tratamiento que es una actividad de estimulación.



Figura 3. 213: Tratamiento Área de Desarrollo
Fuente:[Elaboración propia]

3.7.FASE 5 - PRUEBA O TESTEO

La fase semifinal del modelo de desarrollo, pide verificar el funcionamiento correcto del Sistema Experto, mediante la observación del comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, también en esta fase se puede consultar a otros expertos para colaborar la información que tiene, las reglas de producción, etc. Y es todo cuanto se realizó para el desarrollo de esta fase. Todo esto para ampliar, refinar y mejorar el prototipo.

CAPITULO IV

4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1. INTRODUCCIÓN

La tarea principal de este capítulo es demostrar la veracidad de la hipótesis que se había planteado en el primer capítulo, para ello se señala nuevamente la hipótesis que se mencionó y también se niega la hipótesis H_0 para obtener una nueva hipótesis a la cual llamaremos H_1 .

H_0 : "El Sistema Experto para el diagnostico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, brinda un diagnostico y tratamiento con una confiabilidad, de al menos un 90%".

H_1 : "El Sistema Experto para el diagnostico y tratamiento de las dificultades de desarrollo en niños menores a 5 años, no brinda un diagnostico y tratamiento con una confiabilidad, de al menos un 90%".

Según las hipótesis planteadas, vemos que se cumple: $H_0 \rightarrow H_1$
O se cumple que: $H_1 \rightarrow H_0$

4.2. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Para la prueba de hipótesis se realiza diferentes consultas al sistema experto, luego la respuesta del sistema experto será ponderada por el experto Pediatra, para esto será necesario calcular el tamaño de la muestra, y consecuentemente para esto utilizaremos el número de casos que hubo en las consultas con el experto.

Para poner a prueba al sistema experto, se toma en cuenta el número de casos ingresados con historias clínicas.

4.2.1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra poblacional, se utilizará las formulas estadísticas correspondientes para poblaciones finitas.

$$n = \frac{Z_0^2 * N * p * q}{d^2 * (N - 1) + k^2 * p * q}$$

Donde:

N, es el tamaño de población que acude a la consulta. N=50

Si el nivel de confianza es del 95%, entonces el coeficiente será:

Coeficiente de confianza: $\alpha = 1 - \gamma$

$$\alpha = 1 - 0,95$$

$$\alpha = 0,05$$

Para buscar en la tabla de distribución Normal se tiene que: $1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975$

Finalmente vemos que: $z_0 = 1,96$

p, es la variabilidad positiva (probabilidad con la que se presenta el fenómeno), en este caso 5%, entonces p será:

$$p = 0,05$$

q, es la variabilidad negativa, $q = (1 - p)$, entonces q será:

$$q = 0,95$$

d, es el margen de error máximo permitido (en este caso se desea un 5%), entonces d será:

$$d = 0,05$$

n, es el tamaño de la muestra, es decir el número de consultas que debemos realizar y solucionar. $n = ?$

Reemplazando estos datos en la formula anterior y haciendo operaciones tenemos que:

$$n = \frac{1,96^2 * 50 * 0,05 * 0,95}{0,05^2 * (50 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95}$$

$$n = 30$$

En la valoración de los resultados emitidos por el sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de las dificultades de desarrollo, se toma el tamaño de muestra ya definido, entonces 21 consultas fueron realizadas a diferentes niños, y se

elabora la comparación de resultados entre el sistema experto y la opinión de un experto.

Resultados De Prueba De Prototipo

Nº de Caso	Resultado del Prototipo	Valoración del Experto
Consulta 1	100%	100%
Consulta 2	100%	95%
Consulta 3	100%	100%
Consulta 4	100%	95%
Consulta 5	100%	100%
Consulta 6	100%	100%
Consulta 7	100%	100%
Consulta 8	100%	90%
Consulta 9	100%	100%
Consulta 10	100%	100%
Consulta 11	100%	100%
Consulta 12	100%	100%
Consulta 13	100%	95%
Consulta 14	100%	100%
Consulta 15	100%	100%
Consulta 16	100%	100%
Consulta 17	90%	100%
Consulta 18	100%	95%
Consulta 19	100%	100%
Consulta 20	100%	90%
Consulta 21	100%	100%
Consulta 22	100%	100%
Consulta 23	100%	100%
Consulta 24	100%	95%
Consulta 25	100%	100%
Consulta 26	100%	100%
Consulta 27	100%	100%

Consulta 28	100%	100%
Consulta 29	100%	90%
Consulta 30	100%	100%

Tabla 4. 1: Resultados de la Prueba
Fuente: [Elaboración propia]

4.3. ANALISIS DE DATOS

Para definir el intervalo de confianza (IC) se hará uso de la distribución normal ya que $n \geq 30$, como desconocemos σ usaremos la desviación estándar muestral para aproximar.

$$IC = [X \mp Z_0 * \frac{S}{\sqrt{n}}]$$

Donde:

- S es la desviación estándar muestral y se define por:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_1^n (X_i - X)^2}$$

- Z_0 es conocida, por el cálculo anterior se tiene $Z_0=1,96$
- n también es conocido y es $n=30$

Ahora bien para hallar la media muestral se tiene que realizar un análisis de los datos que arrojaron los resultados de la prueba del prototipo entonces es lo que se en la tabla siguiente, luego se realizará el reemplazo de los nuevos datos y el cálculo final que se requiere.

Nº de Caso	Valoración del Experto	X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
Consulta 1	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 2	95	98.17	-3.17	10,0489
Consulta 3	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 4	95	98.17	-3,17	10,0489
Consulta 5	100	98.17	1,83	3,3489

Consulta 6	100	98.17	1.83	3,3489
Consulta 7	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 8	90	98.17	-8,17	66,7489
Consulta 9	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 10	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 11	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 12	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 13	95	98.17	-3.17	10,0489
Consulta 14	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 15	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 16	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 17	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 18	95	98.17	-3.17	10,0489
Consulta 19	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 20	90	98.17	-8,17	66,7489
Consulta 21	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 22	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 23	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 24	95	98.17	-3.17	10,0489
Consulta 25	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 26	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 27	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 28	100	98.17	1,83	3,3489
Consulta 29	90	98.17	-8,17	66,7489
Consulta 30	100	98.17	1,83	3,3489
TOTAL	2945			324,167

Se tiene que:

$$X = \sum_i^n \frac{X_i}{n} = \frac{2945}{30} = 98,17$$

Y la desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_1^n (X_i - X)^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{30} * 324,167}$$

$$S = 3,287$$

Ahora veamos el intervalo de confianza:

$$IC = [X \mp Z_0 * \frac{S}{\sqrt{n}}]$$

$$IC = [98,17 \mp 1,96 * \frac{3,287}{\sqrt{30}}]$$

$$IC = [98,17 \mp 1,1762]$$

$$IC = < 99,3462 ; 96,9938 >$$

Finalmente se tiene que el intervalo de confianza (IC) es de 97.3462% al 96.9938%

$$97,3462 < 90 < 96,9938$$

4.4. DESMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Según las hipótesis planteadas, vemos que se cumple: $H_0 \rightarrow H_1$

O se cumple que: $H_1 \rightarrow H_0$

Finalmente, como el porcentaje planteado en la hipótesis (90%), es mucho menor a la cota inferior del intervalo de confianza hallado (97,3462 %); se concluye que H_0 es verdadero y H_1 es falso, es decir, "El sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de dificultades de desarrollo para niños menores a 5 años, si posee una confiabilidad del 90% en su diagnóstico y el tratamiento"

4.5. RESUELVE EL PROBLEMA

Por lo anterior se concluye que H_0 es verdadero y H_1 es falso, “El Sistema Experto de Diagnóstico y Tratamiento de Dificultades de Desarrollo en niños menores a 5 años, sí posee una confiabilidad de al menos 90% para brindar un diagnóstico y tratamiento al niño”.



CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se dará a conocer las conclusiones asociadas al presente trabajo de investigación, luego de haber concluido con la estructuración y construcción del Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de las Dificultades de Desarrollo en niños menores a 5 años, se desarrollará de manera secuencial las conclusiones generales, el estado de los objetivos, el estado de la hipótesis y la conclusión del problema que se había planteado, al mismo tiempo se dará paso a ciertas recomendaciones importantes para futuras investigaciones.

5.1. CONCLUSIONES

- a) Los Sistemas Expertos pueden ser implementados en todas y cada una de las áreas donde exista conocimiento y un experto humano que cuente con los respectivos conocimientos, experiencia y criterio.
- b) Los Sistemas Expertos permiten estructurar todo el conocimiento y razonamiento lógico que emplean los expertos de cada área para obtener soluciones, conclusiones sobre consultas, preguntas planteadas.
- c) Los Sistemas Expertos son una estructura del conocimiento y reglas bien definidas, pueden llegar a ser herramientas sumamente útiles, rápidas, imparciales, accesibles, para las personas que lo requieran.
- d) El tema de las Dificultades de Desarrollo en niños menores a 5 años es muy común en nuestra sociedad, cómo se mencionó, es una de las causas que produciéndose retrasos en las diferentes áreas del desarrollo, el lenguaje, cognitiva, motriz y socio-afectiva.
- e) Las dificultades de Desarrollo se presentan generalmente en la primera infancia, comprendida de 0 a 5 años, y ocurre en cualquier momento de descuido de los padres o responsables.

5.1.1. ESTADO DE LOS OBJETIVOS

➤ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se establecieron los objetivos específicos, los cuales se señalarán a continuación, al mismo tiempo se mostrará la manera en que se cumplen.

- ✓ “Diseñar un interfaz de usuario que sea amigable y agradable, para captar y motivar el interés de los padres o responsables”. Para el diseño del interfaz de usuario decide utilizar la estructuración jerárquica como se ve en la Figura 3.4. del Capítulo III, y finalmente implementarlo en Swi-Prolog y Swi-Prolog-Editor.
- ✓ “Recolectar información sobre el conocimiento, experiencia y/o criterio del experto humano empleando entrevistas”. En el punto 3.4.3 del capítulo III, se muestra el desarrollo de la etapa de adquisición del conocimiento, en la cual se recolecto información relevante a partir de distintas fuentes, respectivamente en este caso la base principal las áreas del desarrollo, y primordialmente el conocimiento, experiencia del experto, con lo cual queda demostrado el cumplimiento de este objetivo.
- ✓ “Desarrollar un prototipo del Sistema Experto para el Diagnostico y Tratamiento de las Dificultades de Desarrollo en niños menores de 5 años”. En el punto 3.6. del capítulo III, se muestra la implementación del Sistema Experto utilizando Swi-Prolog-Editor, con lo cual queda demostrado el cumplimiento de este objetivo.
- ✓ “Diseñar una Base de conocimiento que permitirá al motor de inferencia emitir posibles soluciones o respuestas a partir de los datos y/o que proporciona el usuario”. En el punto 3.5.1 del capítulo III, se muestra la construcción de la base de conocimiento, primero en la base de hechos y seguidamente el diseño de la base de reglas, y además en el punto se muestra el funcionamiento del motor de inferencias, por lo cual queda demostrado el cumplimiento de este objetivo.

➤ **OBJETIVO GENERAL**

Se estableció el objetivo general en el punto 1.3.1 del capítulo I (Marco Referencial), “Desarrollar un prototipo de Sistema Experto, para el Diagnostico y Tratamiento de las Dificultades de Desarrollo en niños menores de 5 años, que permita a los padres o responsables detectar oportunamente estas dificultades”.

Este objetivo fue cumplido de acuerdo al desarrollo mismo del sistema experto, como se muestra en todo el capítulo III (Marco Aplicativo), cuyo modelo general se muestra en la figura 3.1 del punto 3.1, en el mismo capítulo, y la implementación del sistema experto cuyas salidas se las presenta, tomando un ejemplo en el capítulo III de representación de salidas. Se puede afirmar que se cumplió el objetivo general propuesto para el prototipo del Sistema Experto.

5.1.2. ESTADO DE LA HIPÓTESIS

En el punto 1.4 del capítulo I, se plantea la hipótesis de la presente tesis, “El uso de la lógica difusa en el Sistema Experto para el Diagnostico y Tratamiento de las Dificultades de Desarrollo en niños menores de 5 años, brinda un diagnostico y tratamiento con una confiabilidad, de al menos un 90%”.

En el capítulo IV se realiza la demostración de Hipótesis tomando 30 casos diferentes se realiza la prueba mediante intervalos de confianza en el cual se ratificó que el Sistema Experto para el Diagnostico y Tratamiento de las Dificultades de Desarrollo en niños menores de 5 años, si posee una confiabilidad de más de 90% para proporcionar un diagnostico y tratamiento.

Ahora bien como se ve, se cumple la hipótesis exitosamente, entonces podemos afirmar que fue resuelto también de manera exitosa el problema planteado en el capítulo I que es: “¿Cómo diagnosticar y tratar las dificultades que tiene en su desarrollo el niño menor de 5 años, y que este diagnostico sea confiable para un buen tratamiento?”, pues la solución es el desarrollo del sistema experto para el Diagnostico y Tratamiento de las Dificultades de Desarrollo en niños menores de 5 años.

5.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se tiene referente a la tesis son:

- Ampliar el sistema experto de las dificultades de desarrollo, agregando más áreas del desarrollo, además se pueden actualizar los indicadores de desarrollo ya que estos están en continua investigación.
- También este sistema puede mejorar bastante y ser más accesible, si estuviera desarrollado en una aplicación android para celulares, es una forma para que los padres o responsables accedan al sistema.
- Para conseguir un sistema experto más eficiente y eficaz se deberá probar y evaluar con más información real de pacientes con dificultades de desarrollo, los resultados se comparan con los del médico y se puedan realizar las correcciones necesarias en el Sistema y en el prototipo. Además se puede tomar otros parámetros para mejorar este prototipo.
- Se puede incorporar en el sistema experto la dificultad de desarrollo neurológico, primero de debería determinarse si se tiene la dificultad neurológica, luego el grado de afectación en las áreas de desarrollo para poder determinar un tratamiento; este tema es bastante amplio.
- Este sistema en ningún momento debe sustituir por completo al médico experto y se debe recurrir a él para validar el resultado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

BID. (MAYO, 2010). *Evaluación Cuanti-Cualitativa del Programa de Atención a Niños y Niñas Menores de Seis Años (PAN) en Bolivia*. LA PAZ, BOLIVIA: BID BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO.

BID, B. I. (2008). *PROGRAMA DE DESARROLLO INFANTIL TEMPRANO, CRECER BIEN PARA VIVIR BIEN*. La Paz, Bolivia: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO.

Bravo M., & P. (2005). *Educación Temprana España: Palabras*, S. A.

Cepeda M., L. G. (2009). *Inteligencia Artificial*.

Chuquimia, M. R. (2013). *Sistema Experto para el Asesoramiento legal sobre Asistencia Familiar. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia*.

Chuquimia, M. (2013). *Sistema Experto para el Asesoramiento Legal sobre Asistencia*.

Dip, P. (2013). *Inteligencia Artificial*. Obtenido de <http://latecnologiavirtual.blogspot.com/2008/11/inteligencia-artificial.html>

Escaño. (s. f.). *Reglas de Inferencia*. Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/emilioprados/filosof/Logica/Reglas%20de%20inferencia.htm>

FW (s.f.). (s.f.). *Ingeniería del conocimiento*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%Ada del conocimiento](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%Ada_del_conocimiento)

LOPEZ, C. J. (2012). *ESTIMULACION TEMPRANA*. MADRID -ESPAÑA: MMVI.

Martinez. (2009). *Aprendisaje Artificial y Sistemas Expertos*. Obtenido de <http://www.unl.edu.mx>

Maza, A. C. (2009). http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/indice.html. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/indice.html

Mendoza, H. M. (2011). *Modelo de Diagnóstico y Tratamiento de Pancreatitis Aguda Mediante Lógica Difusa*.

Nebendalh, D. (1991). *Sistemas Expertos (1ra Ed.)*.

Pediatría, S. B. (2004). Validación de la prueba nacional de pesquisa de trastornos de desarrollo psicomotor en niños menores de 6 años. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*.

Ramirez. (2008). Obtenido de <http://www.dma.fi.upm.es/java/fuzzy/tutfuzzy/contenido3.html>

Ramos, 2. (2012). *Sistemas Expertos para consulta de indicación Farmaceutica en una Farmacia Comunitaria Bimodal, Tesis de Grado, Universidad Mayor de San ándres La Paz-Bolivia.*

RICH, E. (1989). *Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos*, España: 1ra Ed.

Rodríguez, I. (2009). Obtenido de <http://www.abcdelbebe.com/guia-practica-sobre-como-detectar-problemas-en-el-desarrollo-de-los-ninos>

Samper (2004), J. J. *Introduccion a los Sistemas Expertos. de* <http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html>.

Sanjay, K. A. (2010). *eMath Teacher*. Obtenido de <http://www.dma.fi.upm.es/research/fundmatsoftcomputing/fuzzyinf/introfis.htm>

Torres, s. (s.f.). *Representación del Conocimiento*. Obtenido de http://www.lsi.upc.edu/~bejar/ia/transpas/teoria/3-RC0-Intro_rep_conocimiento.pdf

UNICEF. (2002). *El desarrollo infantil y el aprendizaje temprano*. Obtenido de <http://www.unicef.org/spanish/ffi/03/5.htm>

Vasquez, M. (2012). *Logica Borrosa*,. Obtenido de <http://www.dma.fi.upm.es/java/fuzzy/tutfuzzy/contenido3.html>

