UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

CARRERA DE INFORMATICA

TESIS DE GRADO

SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA DESNUTRICIÓN DE NIÑAS(OS) DENTRO EL SUMI

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

Postulante: Jaime Silva Alanoca

Tutor: Lic. Efraín Silva

Revisor: Lic. Luisa Velásquez López M.Sc.

La Paz – Bolivia

2006

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.

CONTENIDO

CAPITULO I

1.1 Antecedentes....2
1.2 Problemática....4
1.3 Planteamiento del problema....5
1.4 Conceptualización de variables....6
1.5 Hipótesis....7
1.6 Objetivos....8
1.6.1 Objetivo general....8
1.6.2 Objetivos específicos....8
1.7 Justificación....8
1.7.1 Justificación científica....8
1.7.2 Justificación técnica....8
1.7.3 Justificación social....9
1.8 Alcances y aportes....9
1.8.1 Alcances....9
1.8.2 Aportes....9
1.8.3 Límites de la investigación....10
1.8.4 Objetivo de estudio....10
1.9 Metodología....11

CAPITULO II

2.1 Función de los nutrientes....14
2.2 Datos básicos sobre elementos nutritivos....15
2.3 Desnutrición....16
2.3.1 Definición....16
2.3.2 Causas, incidencias y factores de riesgo....17
2.3.3 Desnutrición proteico calórico....17
2.3.4 Composición de los nutrientes de los alimentos....18
2.3.5 Ventajas de la lactancia materna 20
2.4 Clasificación de la desnutrición....20
2.4.1 Desnutrición según la etiología....20
2.4.2 Desnutrición según la gravedad....21
2.4.3 Desnutrición según la evolución....23
2.5 Tratamiento de la desnutrición....27
2.5.1 Restauración del estado nutricional 28
2.6 Carnet de Salud Infantil y estado nutricional....29
2.6.1 Curva de crecimiento....31
2.7 Seguro universal materno infantil....31
2.7.1 Protocolos y prestaciones....31
2.8 Sistema experto....34
2.8.1 Características de un sistema experto y un experto humano....36
2.8.2 Porque usar un sistema experto....37
2.8.3 Estructura de un sistema experto 37

2.9 Técnicas de representación de conocimiento.....41
2.9.1 Redes semánticas.....41
2.9.2 Sistemas basados en reglas.....42
2.9.3 Encadenamiento de reglas.....43
2.9.4 Encadenamiento de reglas orientado a un objetivo.....45
2.10 Lógica difusa.....46
2.10.1 Conjuntos difusos.....46
2.10.2 Funciones de pertenencia.....47

CAPITULO III

3.1 Descripción de los modelos.....49
3.1.1 Metodología para el desarrollo de un sistema experto 50
3.2 Descripción informal del modelo.....52
3.3 Árbol And / Or.....53
3.3.1 Componentes.....55
3.4 Interacción de los componentes del sistema experto.....58
3.5 Descripción informal del modelo.....59
3.6 Reglas de inferencia.....60
3.7 Diseño de entradas.....63
3.8 Fuzzificación de las variables lingüísticas.....64
3.9 Desfuzzificación de las variables lingüísticas.....69
3.10 Descripción del prototipo.....71
3.10.1 Presentación de salidas del prototipo 72

CAPÍTULO IV

4.1 Evaluación de las variables dependientes.....77
4.1.1 Determinación de la población.....77
4.1.2 Determinación del tamaño de la muestra.....78

CAPITULO V

5.1 Conclusiones.....83
5.2 Recomendaciones.....84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Niño con desnutrición 1
Figura 1.2 Variables integrantes del sistema..... 6
Figura 1.3 Esquema del método científico por su finalidad..... 12
Figura 2.1 Composición de una alimentación adecuada... 14
Figura 2.2 Pirámide alimenticia 15
Figura 2.3 Lactancia materna..... 17
Figura 2.4 Desnutrición proteico – calórico..... 18
Figura 2.5 Importancia de la lactancia materna..... 19
Figura 2.6 Niño con desnutrición leve 21
Figura 2.7 Niño con desnutrición moderada..... 22
Figura 2.8 Niño con desnutrición severa 22
Figura 2.9 Estructura de un sistema experto..... 38
Figura 2.10 Comparación o aparejamiento de patrones..... 41
Figura 2.11 Encadenamiento de reglas..... 44
Figura 2.12 Representación de las relaciones entre reglas..... 44
Figura 2.13 Algoritmo de encadenamiento de reglas orientado a un objetivo..... 45
Figura 2.14 Función de pertenencia usuales..... 47
Figura 3.1 Relación de grupos que intervienen en el desarrollo del trabajo..... 51
Figura 3.2 Componentes del sistema experto propuesto 52
Figura 3.3 Árbol And /Or 54
Figura 3.4 Interacción entre componentes 59
Figura 3.5 Funcionamiento del modelo planteado..... .60
Figura 3.6 Entorno SEDESN. ..... .72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Bajo peso al nacer..... 3
Tabla 1.2 Relación causa efecto 5
Tabla 2.1 Proteínas de baja, mediana y alta calidad 16
Tabla 2.2 Clasificación de la desnutrición 20
Tabla 2.3 Datos que complican al niño con desnutrición..... 27
Tabla 2.4 Carnet de Salud Infantil 29
Tabla 2.5 Curva de crecimiento..... 30
Tabla 2.6 Prestación desnutrición leve..... 32
Tabla 2.7 Administración de Vitamina “A” 32
Tabla 2.8 Prestación desnutrición moderada 32
Tabla 2.9 Administración de Ferrasol..... 33
Tabla 2.10 Prestación desnutrición grave o severa..... 33
Tabla 2.11 Administración de aceite vitaminado 34
Tabla 2.12 Características del Sistema Experto y Experto Humano..... 36
Tabla 3.1 Variables lingüísticas de entrada..... 63
Tabla 4.1 Estado nutricional (Abril - Mayo)..... 78
Tabla 4.2 Comparación Profesional Nutricionista - Sistema Experto..... 78
Tabla 4.3 Cantidad de pacientes atendidos en un determinado tiempo..... .80

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las cifras de hambre indican que existen cerca de 800 millones de desnutridos en el planeta, y que cada siete segundos mueren un niño por males asociados a la desnutrición.[Publicación OMS, Índices de mortalidad julio 2005].

Fig. 1.1 Niño con desnutrición

Fuente: UNICEF

El estudio denominado Hambre y Desigualdad de los Países Andinos de la CEPAL indican que Bolivia es el país con mayor índice de hambruna infantil dentro de las cuatro naciones de la sub región andina (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia).

Según la investigación, el 27 por ciento de los niños de Bolivia entre uno y cinco años de edad sufren de desnutrición. Las regiones bolivianas donde se presenta mayormente este problema son en el altiplano y las zonas tropicales ubicadas en las amazonas sudamericanas.

La investigación continua indicando que la desnutrición en Bolivia tiene su origen en el déficit calórico proteico y tienen mayor incidencia en la población de áreas rurales y urbano periféricas. La desnutrición es un síndrome conocido desde hace muchos años que proviene de un desequilibrio entre el aporte de nutrientes a los tejidos, ya sea por una dieta inapropiada o por una utilización defectuosa por parte del organismo.

La inteligencia artificial en sus diferentes campos de investigación, centra su estudio en el conocimiento humano y los sistemas expertos. Un sistema experto es una aplicación informática que simula el comportamiento del experto humano en el sentido de que es capaz de decidir situaciones complejas, en un campo restringido. Para esto, se debe tener en cuenta que la principal característica del experto humano viene a ser el conocimiento o habilidades profundas en ese campo concreto, por consiguiente, un sistema experto debe ser capaz de representar ese conocimiento profundo con el objeto de utilizarlo para resolver problemas, justificar su conocimiento e incorporar nuevos conocimientos.

El propósito de este trabajo es el de desarrollar un sistema experto basado en reglas de producción y lógica difusa, que realice un diagnostico determinado el cual es el grado de desnutrición, de acuerdo a los signos y síntomas que presente el niño(a). La lógica difusa es una herramienta que permite representar la incertidumbre (datos que presenten ambigüedad) y también permiten llegar a buenos resultados.

1.1.- ANTECEDENTES

En un informe de la Organización Mundial de la Salud muestra que, “La desnutrición posee largos tentáculos, que aprisionan a casi 800 millones de habitantes, es decir, el 20 % de la población del mundo en vías de desarrollo”, dicho de otra manera uno de cada ocho habitantes padecen de desnutrición. [Publicación, OMS julio 2004]

Según la UNICEF, Otra publicación, muestra que la desnutrición en Bolivia alcanza un 46.5 % de la población infantil y la mortalidad infantil en los niños menores de cinco años alcanza el puesto 75 en el ámbito mundial, y en la América Latina, el segundo después de Haití, que ocupa el primer lugar. [Instituto Médico “Sucre” Enero-Julio de 2004]

La desnutrición se manifiesta con la pérdida y/o falta de peso, lo cual obedece a una deficiencia en la obtención de todos los nutrientes que las células precisan, dicha deficiencia tiene su origen en la combinación de dos factores: el aporte inadecuado de proteínas, calorías, vitaminas y minerales.

Es una regla sin excepción que la desnutrición afecta principalmente al niño menor de 5 años por su rápido crecimiento, ya que tiene requerimientos nutritivos que son más elevados, específicos y difíciles de satisfacer.

Por razones parecidas, también son vulnerables a la desnutrición las mujeres embarazadas y las madres que están dando de lactar, si la nutrición de la embarazada es deficiente o precaria, el niño nacerá con poco peso, mas tarde los malos hábitos alimenticios y la falta de higiene pueden ocasionar desnutrición, si el niño sobrevive, las repercusiones tal vez se extiendan hasta la edad adulta y la propensión a sufrir serán males crónicos como enfermedades cardiacas, diabetes e hipertensión.[Pediatría, Meneghello 1999].

El Instituto Nacional de Estadística, realizó un estudio sobre los niños que nacieron con bajo peso, esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla1.1 Bajo peso al nacer según departamento.

NACIDOS CON BAJO PESO (*)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
BOLIVIA								
Nacidos con Bajo Peso al Nacer	5,465	737	7,355	7,712	8,578	7,384	7,780	7,772
Porcentaje de Bajo Peso al Nacer	5.32	4.80	5.59	5.26	5.42	5.03	4.67	4.64
La Paz								
Nacidos con Bajo Peso al Nacer	1,988	1,693	2,469	2,195	2,487	2,124	2,345	2,275
Porcentaje de Bajo Peso al Nacer	8.30	6.34	8.36	6.92	7.24	5.95	6.31	5.97

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Como se señalo anteriormente el resultado de una mal nutrición en las madres embarazadas, hace que se presenten estos resultados, niños que nacen con un peso inferior a los 2500 gramos o en el peor de los casos nacen muertos.

Luego de una investigación preliminar se evidencio que en la carrera de informática, existen algunas tesis que se relacionan de alguna manera con el actual trabajo de investigación, tales como:

- La tesis "Sistema Experto para él diagnostico de enfermedades infecciosas respiratorias"realizada por Angélica Suxo Apaza, en la que plantea un modelo de sistema experto para él diagnostico empleando aprendizaje automático mediante algoritmos genéticos.
- Uno de los trabajos realizados es la Tesis "Dietas nutricionales", realizada por Verónica Flores, que plantea un modelo de Sistema Experto En la elaboración de dietas pera niños menores de diez años, utilizando redes semánticas.
- Otra Tesis denominado "Sistema experto para el diagnóstico de la desnutrición en personas adultas" utiliza redes semánticas para la determinación del tipo de la desnutrición, además de pliegues cutáneos tricipitales y torácicos.

Lo que se pretende con el presente trabajo, es proponer un modelo de sistema experto basado en el conocimiento, que proporcione un diagnostico determinando el grado de desnutrición en niños que gozan de Seguro Universal de Maternidad y niñez (SUMI) y su posterior tratamiento, de acuerdo a los síntomas que presente el niño(a), para de esta manera aminorar la desnutrición campeante especialmente en las zonas marginales.

1.2.- PROBLEMÁTICA

La Red de Salud 2 Nor Oeste cuenta con tres Maternidades y seis Centros de Atención Ambulatoria, y en el área de Nutrición solo se cuenta con un profesional especialista en nutrición, lo cual no es insuficiente para atender de manera oportuna y especializada a la gran cantidad de niños que padecen esta mortal enfermedad como es la malnutrición. Por otro lado los niños que son traídos a estos Centros de asistencia para su control de crecimiento y desarrollo, tienen su primer contacto con el personal de enfermería el cuál no esta habituado a los términos que involucran a la desnutrición

grave o severa, como lo son: marasmo, emaciación, edema, dermatosis, manchas de Bitot, opacificación de la córnea, desmedro, kwashiorkor, etc. Todo esto hace que la malnutrición no sea detectada a tiempo con los diagnósticos precisos. Por lo tanto, el Software de computadora propuesto coadyuvaría de gran manera a la atención, brindando la clasificación y el diagnóstico de niños con malnutrición.

1.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Son varias las causas que nos llevan hacia un estado de la desnutrición:

La falta de condiciones socioeconómicas y ambientales apropiadas para vivir, condicionando una alimentación deficiente en nutrientes y calorías, dando como resultado la prevalencia de la malnutrición y la incidencia de enfermedades infecciosas.

Con el decremento de la ingesta de alimentos nutritivos se presenta una pérdida real en el peso corporal o simplemente el dejar de consumir dichos alimentos nutritivos, además de la disminución del acceso a ellos por el costo que esto implica. Otros factores externos tales como las inadecuadas condiciones medioambientales, la poca costumbre de asistir a Servicios de salud, faltan de agua potable, malas prácticas higiénicas, entre otras.

La tabla siguiente proporciona, un resumen de las causas y sus efectos colaterales:

Tabla 1.2 Relación Causa – Efecto

No	CAUSA	EFECTO
1	La poca importancia que se brinda a la malnutrición hace que esta se complique.	Ocasiona que la malnutrición empeore de una leve a moderada y luego a una grave o severa.
2	Las madres de los niños(as) con malnutrición no cumplen con el tratamiento indicado por el especialista.	La desnutrición se va complicando y haciéndose crónico.
3	Las madres de los niños(as) no tienen conocimiento sobre todo los tratamientos existentes para la desnutrición moderada y severa.	Al ignorarse estos tratamientos los niños(as) son más propensos a complicaciones e inclusive la muerte.
4	La poca difusión sobre la malnutrición en la comunidad, sitios públicos y medios de difusión.	Hace que la gente no tome el debido interés sobre el gran peligro que puede causar la malnutrición a los niños(as).

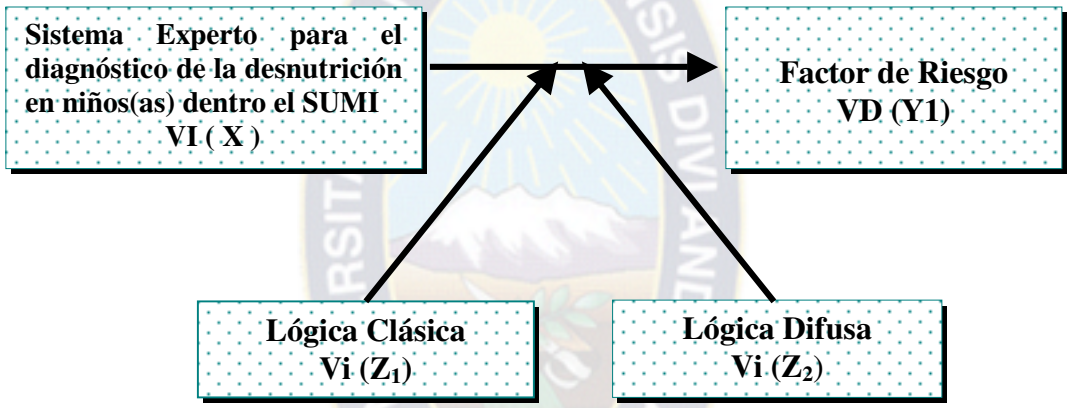
5	Un gran porcentaje de los jefes de familia ignora la existencia del SUMI y que este se brinda gratuitamente en los servicios de Salud públicos	Razón por el cual no acuden a estos servicios y tratan a sus niños(as) deficientemente sin una orientación del especialista.

Fuente: CSMI Chamoco Chico.

1.4.- CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES

Sobre la base del problema planteado se puede identificar las siguientes variables que se muestran a continuación:

Figura 1.2 Variables integrantes del sistema



De acuerdo al análisis realizado en el presente trabajo se pretende responder a las siguientes preguntas:

¿ El prototipo experimental denominado Sistema Experto para el diagnóstico de desnutrición en niños dentro el SUMI, permitirá proporcionar un diagnóstico confiable y oportuno, además de un tratamiento adecuado ante la presencia de esta patología?

De la anterior figura se muestra que posición ocupa cada una:

VI: Variable Independiente: Sistema Experto.

VD: variable Dependiente: Factor de Riesgo.

Vi: Variable Interviniente: Lógica Clásica y Lógica Difusa.

CONCEPTO: **Sistema Experto**. Conjunto de programas de ordenador, que son capaces mediante la aplicación de conocimiento de poder resolver problemas en una área determinada del conocimiento y que requerirán de la Inteligencia Artificial.
VARIABLE: **Sistema Experto.** Para el diagnóstico de los tipos de desnutrición en niños dentro el SUMI.
INDICADOR: Medir la efectividad en los niños(as) usando el porcentaje (%)
INSTRUMENTO: Comparación del Sistema Experto para el diagnóstico de los tipos de malnutrición en niños(as) dentro el SUMI con el experto humano.
VALOR: 65% a 100% si es muy satisfactorio.
51% a 64% si es satisfactorio.
10 % a 50% si no cumple con alguno de los requerimientos.

CONCEPTO: **Factor de Riesgo**. Conjunto de signos y síntomas que sirven para fijar el grado de una enfermedad, en nuestro caso el grado de desnutrición.
VARIABLE TEXTUAL: Diagnóstico confiable.
INDICADOR: Comparación entre los diagnósticos de Desnutrición del Especialista y la del Sistema Experto propuesto.
INSTRUMENTO: Lógica Clásica y Lógica Difusa.
VALOR: Porcentual (%).

1.5.- HIPÓTESIS

Considerando el problema principal del presente trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis:

Hi: "El Sistema Experto para el diagnóstico de la desnutrición en niños dentro el SUMI, utilizando lógica difusa, proporciona un diagnóstico eficaz y confiable.

1.6.- OBJETIVOS

1.6.1.- OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo experimental denominado Sistema Experto para el diagnóstico, que permita determinar el nivel de desnutrición en niños dentro el SUMI, para prevenir posteriores enfermedades hasta incluso la muerte.

1.6.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir un modelo de sistema experto para el diagnóstico de la desnutrición de los niños(as) dentro el SUMI, aplicando la teoría de la lógica difusa para efectuar una inferencia adecuada.
- Diseñar una base de conocimientos basado en reglas a través de la experiencia que el experto en el área de nutrición proporcione.
- Validar el modelo de Sistema Experto para el diagnóstico de la desnutrición en niños dentro el SUMI.
- Desarrollar el prototipo experimental del Sistema Experto.

1.7.- JUSTIFICACION

1.7.1.- CIENTÍFICA

El desarrollo del trabajo de investigación, proporcionará un sólido fundamento teórico de importancia en la investigación, además de beneficiar en la toma de decisiones para prevenir las enfermedades causadas por la desnutrición en los niños menores de cinco años (dentro el SUMI).

El modelo que se desarrollara ayudará tanto al médico general, enfermeras como a estudiantes en el área de nutrición, proporcionando el grado de desnutrición que tienen los niños menores de cinco años, para posteriormente determinar los posibles tratamientos que se deben seguir.

1.7.2.- TÉCNICA

Tendrá la capacidad de diagnosticar el grado de desnutrición de acuerdo a los signos y síntomas que presente el paciente de manera rápida y confiable, y solamente

requiera la confirmación del profesional nutricionista, el Sistema Experto podrá ser utilizado por cualquier personal en salud capacitado.

1.7.3.- SOCIAL

En los Centros de Salud, al cual acuden la mayor parte de la población especialmente de escasos recursos, cuenta con un escaso personal profesional en el área de nutrición. Con el presente trabajo se pretende beneficiar a niños(as) que presentan desnutrición en sus diferentes tipos, puesto que se podrán consultar con el Sistema Experto y con la ayuda de algún personal de salud, se podrá establecer el grado de desnutrición que presente el niño y su posterior tratamiento a seguir.

1.8.- ALCANCES Y APORTES

1.8.1.- ALCANCES

EL presente trabajo de tesis se limitara a los siguientes aspectos:

- Dado que la desnutrición infantil tiene una serie de clasificaciones por diferentes autores, el presente trabajo toma la clasificación que determina el **SUMI,** tomado en cuenta en la totalidad de los centros de Salud que trabajan con esta política de Salud implementada por anteriores gobiernos**.**
- El desarrollo del prototipo se lo realizara en el lenguaje Visual Prolog.

1.8.2.- APORTES

- El desarrollo del prototipo busca preservar el conocimiento del especialista en Nutrición Infantil que beneficiará a la población infantil que sufre de esta mortal enfermedad.
- Realizar un modelo de diagnóstico el cual puede servir a otras personas como guía en otros sistemas de diagnósticos.

Con la ayuda del sistema experto propuesto, personas con poca experiencia pueden tener un grado de diagnóstico rápido de la desnutrición en niños(as) dentro el SUMI, sin la necesidad de poseer un conocimiento formal especializado, pero siempre bajo control del especialista en Nutrición Infantil.

1.8.3.- LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN

El tema de la desnutrición es un tema bastante amplio, presentándose en niños, mujeres embarazadas y en la población en general, en el presente trabajo se toma en cuenta solo al grupo etáreo de entre 0 a 5 años beneficiados por el SUMI.

De acuerdo a la información del CENSO 2001, el 58 % de la población boliviana es pobre, carecen de servicios de agua y alcantarillado, tienen bajos niveles de educación y/o manifiestan inadecuada atención de salud, lo cual es una de las causas que lleven a que presenten la desnutrición en nuestra población.

Las estadísticas 2003 del Servicio Departamental de Salud La Paz (SEDES) indican que la desnutrición, ataca principalmente a las zonas periféricas de la ciudad de La Paz, donde la población es de bajos recursos económicos.

Considerando los antecedentes proporcionados, el actual trabajo de investigación se concentrará en la Red de Salud N° 2 Nor Oeste específicamente en el Centro de Salud Materno Infantil "Chamoco Chico" de la ciudad de la Paz, puesto que en base a datos que proporciona el SEDES La Paz esta se considera una zona donde se detectó importantes índices de desnutrición. Dicha información fue tomada del anuario 2001, proporcionada por el servicio departamental de Salud

1.8.4.- OBJETIVO DE ESTUDIO

Una de las causas por las que ha visto conveniente desarrollar un sistema experto en el área de nutrición, es la necesidad que tiene la población de escasos recursos que vive en zonas alejadas, que cuando se presenta alguna enfermedad no tienen una atención inmediata debido a la cantidad de pacientes que se tiene en espera.

Él diagnóstico de la desnutrición, a través de un sistema experto es importante porque ayuda especialmente a los centros de salud de las zonas periféricas, donde se encuentra la mayor parte de la población que sufre de desnutrición y estos Centros de Salud cuentan con un personal muy reducido especialmente en el área de nutrición.

Con el presente trabajo se pretende cubrir una de las muchas aplicaciones que los sistemas expertos ofrecen para la resolución de problemas, como es el caso en el área de nutrición.

También este sistema puede ser utilizado por estudiantes del área de nutrición, que permitirá, que ellos puedan aplicar sus conocimientos sobre este tema.

1.9.- METODOLOGÍA

La metodología de investigación que se adopto para el proceso de investigación es el método científico, utilizando dos niveles de conocimiento: **Primer nivel**, se empieza con la formulación de preguntas referentes a un área o campo, a ser investigado, obteniéndose la base para formar lo que constituye el análisis de requerimientos, imprescindible para estructurar un marco ambiental de trabajo, que nos permite ubicar la manera en que se realiza el problema de la situación actual para lo cual se utiliza, la ***técnica de la observación*** en el desarrollo de los procesos involucrados, que da una idea de cómo operan todos los elementos que intervienen en las distintas pero interrelacionadas tareas, identificando los requerimientos que se necesitan para operar el tema de estudio. Con estos procesos se establece las variables que van a intervenir en la búsqueda de solución del problema, entre estas variables se tienen a las ***variables independientes***, que en nuestro caso será el sistema experto, esta variable serán manipuladas para la investigación, de hecho, son o conforman la solución a los problemas encontrados. Con esta variable se describe como se va alcanzar la solución, a través de que herramienta y con que instrumento medirlo. El **segundo nivel**, es el método del conocimiento empírico que se lo obtiene a través del proceso de observación, que implica ver la forma de trabajar al experto en este caso la nutricionista, la evaluación que tiene el experto después de lo observado, es decir, todo lo que considera necesario para poder realizar un diagnóstico.

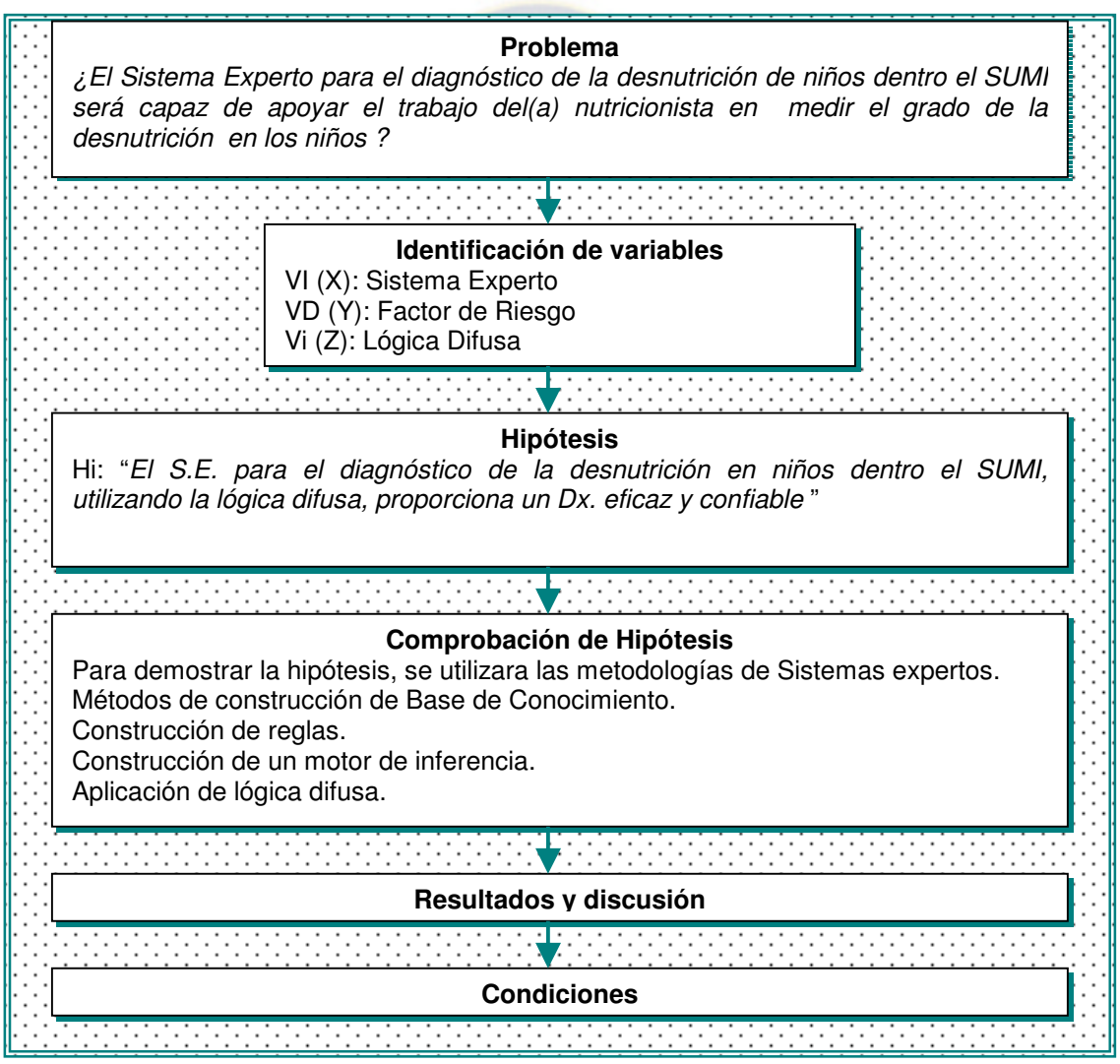
Se tomará en cuenta la clasificación de acuerdo a su forma, los cuales son el ***método teórico***, llegando hacer estos conocimientos básicos que se tiene, ***el método experimental***, esta es una herramienta muy importante para realizar la prueba del sistema experto, en su fase de construcción del prototipo, será muy importante la experimentación de nuestro sistema con casos reales, para así evitar todo tipo de errores, también consideraremos al ***método inductivo***, como forma de alcanzar los objetivos propuestos, este método crea leyes, a partir de la observación de los hechos, generalizando el comportamiento observado.

A partir de lo anterior, servirá para poder hacer referencia a los problemas encontrados, los cuales se dividen en problema principal y subproblemas, inmediatamente se debe proponer la definición de resultados que se desea obtener, esto se obtiene enunciando los ***objetivos general y objetivos específicos*** que constituyen la solución a los problemas descritos anteriormente. Todo este

conocimiento adquirido en forma teórica, así como la experiencia, fenómenos de la vida real, ayudan a la aplicación de estas teorías, llevando a la practica o experimentación, las cuales aran factible la demostración de la hipótesis que se a planteado, elaborando un prototipo.

La clasificación del ***método por su finalidad*** será utilizada en el presente trabajo, se describe a continuación en el siguiente esquema a manera de resumen:

Figura 1.3 Esquema del método científico por su finalidad



Fuente: Lic. Luisa Velásquez M.Sc.

La investigación científica es muy importante para poder resolver los problemas en el área de la salud, aplicando diferentes principios y conceptos filosóficos que clasifican la teoría a la práctica.

Por lo anterior mencionado se hace hincapié en causas que rodea a este problema para poder desarrollar un buen trabajo:

- **Instrumentos de recolección de datos**

  Recabar información en el Centro de Salud Materno Infantil Chamoco Chico(Formulario SNIS), específicamente del área de Nutrición (datos de los casos atendidos, incidencias, etc), formularios de enfermería (cuadernos de atención integral, peso/talla, etc), y encuestas.

- **Procesamiento de datos**

  Para poder esclarecer los conocimientos y los datos, de la presente investigación experimental, en especial el de laboratorio, se requiere la utilización de las tecnologías computacionales.

- **Desarrollo del Sistema**

  Es apropiado empezar con implementaciones tipo Historial Clínico para encontrar el camino hacia la solución definitiva y para hacer coincidir con las del usuario luego sobre la base del estudio realizado se diseña la base del conocimiento, el motor de inferencia y las interfaces hombre maquina.

- **Base de Conocimiento**

  Contiene el conocimiento que se ha adquirido del experto especialista en Nutrición, donde nos proporciona las definiciones necesarias para determinar las reglas lingüísticas de control y manipulación de los datos.

MARCO TEÓRICO

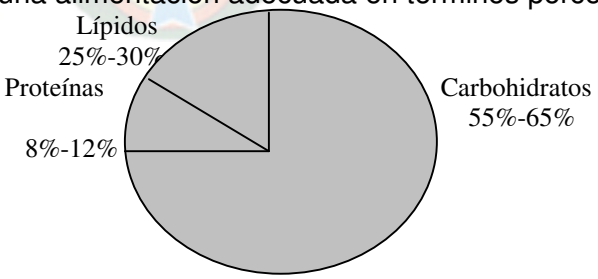
2.1.- FUNCIÓN DE LOS NUTRIENTES

"Los nutrientes pueden ser definidos, como los componentes básicos de los alimentos, tales como proteínas, grasas, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua, que son útiles para el organismo que lo consume. Normalmente, un conjunto de nutrientes conforma un grupo de alimentos y a la vez un conjunto de alimentos conforma la dieta".[MUÑOZ 1999].

Las tres funciones generales de los nutrientes son: proporcionar energía, asegurar el crecimiento y proteger el cuerpo. [Eduardo Roggiero 2000]

- Nutrientes que producen energía: grasas, hidratos de carbono y proteínas.
- Nutrientes de energía: proteínas, minerales / elementos traza, agua, hidratos de carbono.
- Nutrientes protectores: proteínas, vitaminas, minerales / elementos traza, grasa.

Fig.2.1 Composición de una alimentación adecuada en términos porcentuales



Fuente: Foro boliviano del Medio Ambiente y Desarrollo

2.2.- DATOS BÁSICOS SOBRE ELEMENTOS NUTRITIVOS

Los alimentos se componen de cinco elementos nutritivos básicos como son: carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales y cantidades variables de agua.

Los carbohidratos son principalmente azucares de origen vegetal y constituyen un componente importante de los cereales y de los tubérculos. Las grasas y los aceites constituyen la fuente más concentrada de calorías.

Fig. 2.2 Pirámide alimenticia

Fuente: OMS

Las **proteínas** son sustancias que intervienen en la formación de cuerpo y son necesarias para el crecimiento y la reconstitución de los tejidos. Las proteínas se encuentran en los alimentos de origen animal, en los cereales y en las legumbres.

Las **vitaminas y minerales** son necesarios para el funcionamiento adecuado del organismo, estos se encuentran en cantidades variables en todos los alimentos, especialmente en frutas y verduras.[Meneghello 1999]

Tabla 2.1 Proteínas de alta, mediana y baja calidad

PROTEINA DE ALTA CALIDAD • LECHE DE VACA • HUEVOS • LECHE HUMANA • PESCADO • CARNE DE RES
PROTEINA DE MEDIANA CALIDAD • FLOR DE SOYA • PLANTA DE GIRASOL • ARROZ • PAPAS
PROTEINA DE BAJA CALIDAD • PERAS • CEREAL • GELATINA

Fuente : Foro boliviano de la nutrición

2.3.- DESNUTRICIÓN

En su origen intervienen numerosos factores, tales como la pobreza, la escasez en la disponibilidad de alimentos, la de privación económica, la sección inapropiada de alimentos y la asociación con infecciones parasitarias y/o bacterianas que contribuyan a la producción de un desequilibrio entre el ingreso de alimentos y la biodisponibilidad de alimentos de nutrientes y energía.[Muñoz 1999]

2.3.1.- DEFINICIÓN

La desnutrición lleva como nombres alternativos como nutrición inadecuada, malnutrición.

Significa que el cuerpo del niño no está obteniendo los nutrientes suficientes. Esta condición puede resultar del consumo de una dieta inadecuada o mal balanceada, por trastornos digestivos, problemas de absorción u otras condiciones médicas.[Meneghello 2002]

Otra definición indica que, la desnutrición es un cuadro clínico producido por un insuficiente aporte de proteínas y/o calorías, necesario para satisfacer las necesidades fisiológicas del organismo. Con menor frecuencia, también puede ser

producido por perdidas excesivas de nutrientes consecutivas a trastornos digestivos o cuadros infecciosos reiterados.[Muñoz 1999]

2.3.2.- CAUSAS, INCIDENCIA Y FACTORES DE RIESGO

La desnutrición se puede presentar debido a la carencia de una sola vitamina en la dieta o debido a que el niño no está recibiendo suficiente alimento.

Durante los primeros seis meses la lactancia materna es suficiente y necesaria para el desarrollo nutricional del niño, partir de los seis meses se incentiva la alimentación complementaria a la lactancia materna.

Fig. 2.3 Lactancia materna.

Fuente: OMS/OPS

La inanición es una forma de desnutrición. La desnutrición también puede ocurrir cuando se consumen los nutrientes adecuadamente en la dieta, pero uno o más de estos nutrientes no es/son digerido(s) o absorbido(s) apropiadamente.

La desnutrición puede ser lo suficientemente leve como para no presentar síntomas o tan grave que el daño ocasionado sea irreversible, a pesar de que se pueda mantener a la persona con vida.

En el ámbito mundial, especialmente entre los niños que no pueden defenderse por sí solos, la desnutrición continúa siendo un problema significativo.

2.3.3.- DESNUTRICIÓN PROTEICO – CALÓRICA

La ingesta inadecuada de alimentos bajos en proteínas esta asociada a factores sociales, económicos, biológicos y ambientales, lo cual ha originado una pobre calidad

nutricional. La figura muestra a un niño que sufre la las consecuencias de de una deficiente alimentación.

Fig. 2.4 Niño con desnutrición proteico- calórico

Fuente: Fotografías: OMS

Los factores que contribuyen a que los niños sufran desnutrición son:

- Factores socio-económicos: problemas sociales tales como el abuso infantil, alcoholismo, drogas, abandono de niños, etc, pueden resultar en desnutrición proteica - calórica.

- Factores biológicos: la desnutrición maternal antes y durante el embarazo produce niños nacidos bajos de peso.

- Las enfermedades infecciosas: constituyen un contribuyente mayoritario a la desnutrición, tales enfermedades son: EDAS, IRAS, tuberculosis y otras infecciones, dando como resultado un balance negativo de proteínas y energías. Dietas con baja concentración de proteínas y energía pueden degenerar en desnutrición en niños y jóvenes, en quienes la capacidad gástrica no les permite ingerir grandes cantidades de alimentos. las dietas pobres en proteínas y ricas en carbohidratos producen desnutrición proteica.

2.3.4.- COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES DE LOS ALIMENTOS E INDICACIONES DE USO.

Puesto que la alimentación debe cumplir con los requisitos de ser suficiente(cubrir las necesidades nutricionales), equilibrada (aportar proporciones adecuadas de nutrientes), variada (incluir diversos tipos de alimentos), y libre de riesgos ecológicos (desprovista de compuestos que en forma natural o agregada impliquen riesgo para el organismo: pesticidas por Ej.), es fundamental conocer la composición en nutrientes de los alimentos que se ofrecen al lactante con particular énfasis en las leches, ya que ellas son la base de la alimentación en el primer semestre de vida.

Fig. 2.5 Importancia de la lactancia materna

Fuente: Fotografías: OMS

Si se compara la composición bioquímica de la leche materna con la leche de vaca, destaca la mayor concentración acalórica de la leche materna, que proporciona una mayor cantidad de lípidos y lactosa. El contenido proteico de la leche materna es prácticamente 1/3 del de la leche de vaca. La leche de vaca contiene 4 veces mas calcio, 6 veces mas fósforo y 3 veces mas sodio, cloro y magnesio que la leche materna.

En cuanto a las vitaminas, la leche materna solo es deficiente en vitamina D, la que es necesaria para aportar en forma farmacológica como prevención de raquitismo.

Finalmente, la lecha materna contiene variadas enzimas entre las que destaca la

lipasa.[Menghello 1999]

El calostro es la primer secreción de las glándulas mamarias, de color entre amarillento blanquecino y tiene la mayor concentración de alimentos para el lactante.

La composición de la leche materna varia a lo largo del día según la duración de la mamada, la frecuencia de succión y el grado de vaciamiento de los pechos maternales.

2.3.5.- VENTAJAS DE LA LACTANCIA MATERNA

Además de las ventajas que surgen de su composición bioquímica, la lactancia natural implica beneficios en cuanto a estimulación social y afectiva, solidez con que se establece el binomio madre-hijo y estabilidad emocional del niño, etc.

2.4.- CLASIFICACION DE LA DESNUTRICIÓN

En el texto de Maria Elena Torresani titulado "***Cuidado Nutricional Pediátrico"*** se pueden encontrar diferentes maneras de clasificar a la desnutrición, e indica que a veces resulta útil hacer una combinación de las diferentes clasificaciones para adquirir una mejor información acerca de la duración, calidad y gravedad del padecimiento.

Así, la desnutrición puede clasificarse de acuerdo a varios parámetros, como se muestra en la siguiente figura.

Tabla 2.2 Clasificación de la desnutrición

Según la etiología	Primaria Secundaria Mixta
Según la gravedad	Leve o de primer grado Moderada o de segundo grado Grave o de tercer grado
Según la evolución	Aguda Crónica
Según el tipo de Carencia	Marasmo Kwashiorkor Marasmo-Kwashiorkor

Fuente: Meneguello Pediatría [1999]

2.4.1.- DESNUTRICIÓN SEGÚN LA ETIOLOGÍA

- **Desnutrición primaria.-** Es la originada por una carencia exógeno de nutrientes. Se caracteriza por curar totalmente una vez restituida la

alimentación normal.

- **Desnutrición secundaria.-** Es aquella producida por enfermedades que interfieren con la ingestión, digestión, absorción o utilización de los nutrientes necesarios para la necesidades fisiológicas del organismo. Por ejemplo: anorexia nerviosa, malformaciones congénitas del tubo digestivo, diarreas crónicas, tuberculosis, insuficiencia hepática, infecciones ocultas, etc. Se caracteriza por curar una vez que desapareció la enfermedad que le dio origen.
- **Desnutrición mixta.-**Se debe a ambos fenómenos simultáneamente. Se estima que en mas del 10 % de los desnutridos graves "sociales" se puede encontrar una enfermedad de base.

2.4.2.- DESNUTRICIÓN SEGÚN LA GRAVEDAD

La gravedad de una desnutrición puede determinarse a través de parámetros clínicos, antropométricos o marcadores bioquímicas.

Gomes y colaboradores, por ejemplo, utilizan la perdida de peso del paciente como único elemento para establecer una clasificación de la utilidad clínica. De este modo describen tres tipos de desnutrición.

La desnutrición leve o de primer grado, en donde el déficit ponderal oscila entre el 10 y el 24 % respecto del percentil 50 para la edad

Fig. 2.6 Niño con desnutrición leve

Fuente: Fotografías Malnutrición OMS

La desnutrición moderada o de segundo grado, que tiene un déficit de entre 25

y 39 % respecto del percentil 50 para la edad.

Fig. 2.7 Niño con desnutrición moderada

Fuente: Fotografías Malnutrición OMS

La desnutrición grave o severa o de tercer grado, que tiene mas del 40 % de déficit de peso. Al utilizar el percentil 50 como parámetro de referencia, este método asume que todos los niños de un a cierta edad tienen el mismo peso independientemente de su talla o de su carga genética, ignorando el amplio rango de normalidad que existe dentro de una población infantil. Además no se realizan correcciones para el edema aunque este estuviera presente. Por estos motivos, esta clasificación solo es útil para detectar groseramente a nivel comunitario poblaciones en estado de riesgo. En los casos en los que se utiliza individualmente, debe ser necesariamente complementada con algún otro método.

Fig. 2.8 Niño con desnutrición severa

Fuente: Fotografías Malnutrición OMS

Otra clasificación muy utilizada y que determina la magnitud de la desnutrición infantil, es la de Waterlow. En ella se incorporan los conceptos de "**wasted**" y "**student**".

Wasted (emaciación) es un déficit de peso para la talla y representa un estado agudo de desnutrición, **Student(acortado)** es un déficit de talla para la edad y representa una forma de desnutrición de mayor tiempo de duración, es decir, una forma crónica que ha producido un retrazo en el crecimiento lineal. Sobre la base de estos parámetros, la desnutrición es considerada de primer grado cuando el déficit de peso para la talla esta entre el 10 y 24 %, de segundo grado cuando esta entre 25 y 29 %, y de tercer grado cuando es mayor al 30 %.

- Otras clasificaciones se establecen en base a los valores de circunferencia braquial y espesor del pliegue cutáneo (tricipital) y complementan el estudio de la intensidad y tiempo de evolución de una desnutrición. El perímetro del área muscular representa a la reserva proteica y el pliegue tricipital al área ***grasa o deposito de energía***. Para determinar la gravedad de la desnutrición debe observarse la magnitud de la desviación de los valores hallados en relación con los estándares de normalidad, y para determinar el tiempo de evolución debe considerarse la ***cronología en la evolución de una desnutrición: primero se consumen los depósitos de grasa y posteriormente los de proteínas***.
- Existen otras clasificaciones como la de Mclaren y colaboradores que, para determinar la gravedad de una desnutrición, toman en cuenta la presencia de algunos síntomas, tales como edemas, dermatosis, hepatomegalia, alteraciones en los cabellos y los valores de albumunemia.

En todos los casos la presencia de ictericia, ascitis, deshidratación grave, lesiones cutáneas crónicas, lesiones purpúricas e inapetencia severa y de larga data son elementos de gravedad y mal pronostico.

2.4.3.- DESNUTRICION SEGÚN LA EVOLUCION

En 1986, la OMS describió como desnutriciones agudas a los procesos emaciados que cursaban con déficit de peso para la talla; desnutriciones crónicas a los pesos detenidos en talla(o acortados); y como desnutriciones agudas/cronocas a la combinación de ambos fenómenos (emaciados/acortados).Dado que estos conceptos

son dependientes de una comparación con estándares de crecimientos correspondientes a países industrializados, esta clasificación no siempre define correctamente el estado de los pacientes desnutridos.

En consecuencia para el caso de la desnutrición es recomendable que el fenómeno determinante de la evolución del proceso no sea tanto el tipo de déficit, sino la presencia o no de mecanismos de adaptación, considerando como tales a los **fenómenos fisiológicos que sacrifican a ciertas estructuras o funciones orgánicas en beneficio de otras más importantes para la supervivencia.**

Sobre la base de este criterio se considera como:

Desnutrición crónica a la que tiene en curso mecanismos de adaptación. **Desnutrición aguda** a la que no los tiene. Al no poder adaptarse a la situación de carencia, esta ultima evolución con descompensaciones metabólicas que, de no mediar un tratamiento adecuado, conduce rápidamente a la muerte.

2.4.4.- DESNUTRICIÓN SEGÚN EL TIPO DE CARENCIA

En los casos graves, a veces es posible distinguir los cuadros clínicos bien definidos según si el déficit es preponderantemente calórico y proteico o solo proteico. El primer caso se denomina ***marasmo*** y el segundo ***kwshiorkor***. En la mayoría de las veces los dos síndromes clínicos se superponen, llegando a producirse un cuadro clínico mixto, en el cual pueden predominar síntomas de uno u otro. El marasmo representa el ideal de la adaptación. En efecto, el niño sometido a una dieta hipocalórica llega a una situación que, de no mediar infecciones, puede durar meses o años. En cambio, el que recibe una dieta exclusivamente hipo proteica y normocalórica, en menos de veinte días desencadena síntomas propios del kwashiorkor, cuadro agudo de elevada mortalidad.

MARASMO

Generalidades

El marasmo representa un ejemplo de adaptación para la supervivencia.

En nuestro medio es el tipo más común de desnutrición en una proporción 9:1 con el kwashiokor. Ocurre cuando el niño, durante periodos prolongados, recibe una baja ingesta de calorías y proteínas a las que logra adaptarse, disminuyendo o cesando el crecimiento y consumiendo todo lo que le resulta relativamente prescindible (primero el

tejido adiposo, luego el tejido muscular esquele3tico y, finalmente, la masa proteica y visceral).

Aunque puede aparecer en cualquier momento de la infancia, el marasmo es más frecuente entre los 6 y los 18 meses de edad. La historia dietética suele revelar insuficiencia de lactancia materna y empleo de leches muy diluidas y contaminadas. Con frecuencia existen antecedentes de infecciones repetidas (fundamentalmente gastrointestinales), y múltiples internaciones que originan periodos de detención de peso.

Clínica

El marasmo se caracteriza por presentar una perdida de peso que puede llegar a los casos avanzados a mas del 40 %. Esta perdida de peso es progresiva y sigue una secuencia que, con fines didácticos, puede dividirse en tres periodos.

Un primer periodo en donde predomina el consumo adiposo. Esto origina adelgazamiento, resaltos óseos en los miembros y piel con apariencia como de que "sobra". El cabello comienza a presentar alteraciones tróficas, observándoselo adelgazado, sin brillo, seco y parcialmente descolorido. Ocasionalmente puede no haber decoloración de los cabellos, pero los cambios en la textura hacen que se desprendan fácilmente dejando arreas descubiertas. Las masas musculares a la palpación se perciben blandas, lo que ha llevado a algunos autores llamar a este periodo "de glúteos blandos". A pesar del descenso de peso, la talla y el perímetro cafálico en esta etapa aun no se encuentran afectados.

En el segundo periodo, lo más característico es el consumo del tejido muscular esquelético. Así, las extremidades se pueden observar delgadas y blandas. La perdida de las masas musculares glúteas le da a las nalgas un aspecto característico en "pantalón caído". La piel se encuentra pálida por anemia y muestra lesiones por hipovitaminosis, con ulceras que frecuentemente se infectan y tardan en cicatrizar. También se observa compromiso del estado psíquico: el niño se muestra apático e indiferente con el miedo que lo rodea y a menudo se vuelve irritable. El llanto el débil y monótono y su actividad disminuye considerablemente, lo que contribuye con el ahorro de energía. En este periodo se acentúa la perdida de peso, se detiene el crecimiento estatural, disminuyen la circunferencia de los miembros, y el perímetro cefálico permanece dentro de los limites normales. No se observan edemas.

En una tercera etapa, se acentúa el consumo de las masas musculares esqueléticas y comienza a consumirse la masa proteica visceral, lo que produce alteraciones en la función de los distintos órganos y origina severas descompensaciones metabólicas. La perdida de grasa y músculo da a la cara un aspecto "de viejo" conocido como "fascies de voltaire". A las alteraciones de la piel y cabello se agregan alteraciones de las uñas que se vuelven delgadas y quebradizas. Las extremidades suelen estar frías, y el pulso en muchas veces irregular y difícil de palpar. Son frecuentes los cuadros diarreicos por atrofia de las vellosidades intestinales, lo que ocasiona deshidratación y distención abdominal. El deterioro del crecimiento es más evidente en este periodo, pudiendo llegar a afectarse el perímetro cefálico.

KWASHIOKOR

Generalidades

Los casos de kwashiorkor se observan mas frecuentemente en los periodos postdestete especialmente entre los 1 a 5 años de edad. En oposición con el marasmo, se caracteriza por una serie de manifestaciones de desadaptación que pueden conducir rápidamente a la muerte. Su causa principal es la dieta deficiente en proteínas pero adecuada en energía. Esto ultimo seria la causa de la falta de adaptación, ya que la ingesta acalórica no permite bajar la tasa metabólica basal ni disminuir su síntesis proteica. A pesar de que es una forma grave desnutrición, responde rápida y favorablemente al tratamiento nutricional cuando es oportunamente instituido.

Clínica

Los síntomas más característicos son el edema generalizado, las alteraciones digestivas (diarreas, vómitos e inapetencia), los trastornos, la epatomegalia y las alteraciones tróficas de la piel y el cabello.

El edema es frió y depresible. Suele empezar a nivel maleolar y luego extenderse hacia arriba. Afecta también a la cara dándole un aspecto de "luna llena". También puede afectar al cráneo, miembros superiores y abdomen. Cuanto más pequeño es el niño más rápido se desarrolla el edema, limitando mucho sus movimientos. Por lo general estos permanecen con sus miembros flexionados, postrados sobre la cama indiferentes al medio que los rodea. La piel muestra zonas de dermatosis tipo "pintura descamada", y fisuras sangrantes en las comisuras bucales y sitios de flexión. La melanosis es muy frecuente. Sobre todo en las zonas expuestas ala luz solar. El

cabello, cejas y párpados muestran cambios similares a los expuestos en el marasmo con bandas de despigmentación a manera de "bandera". La masa adiposa y muscular esquelética permanecen relativamente conservadas hasta etapas avanzadas de la enfermedad

2.5.- TRATAMIENTO DE LA DESNUTRICION

- Los pacientes con una desnutrición no complicada o leve pueden ser tratados fuera del hospital, ya que la hospitalización incrementa el riesgo de infecciones oportunistas.
- La desnutrición severa en niños con señales de prognosis pobre u otras complicaciones, en aquellos que viven bajo condiciones sociales deplorables que no permite adecuado tratamiento médico y nutricional, deben ser hospitalizados.

La estrategia de tratamiento debe dividirse en tres etapas:

- Resolviendo condiciones de tratamiento de vida.
- Restaurando estado nutricional sin homeostasis.
- Rehabilitación nutricional

En la siguiente tabla se reportan las características que indican la pobre prognosis en pacientes con desnutrición:

Tabla 2.3 Datos que complican al niño con desnutrición.

- Edad menor a 6 meses.
- **Déficit** en el peso por altura mayor del 30 %, o peso por año mayor del 40 %.
- Señales de colapsos circulatorios: **frío en las manos y pies**,
- Infecciones particularmente bronconeumonía.
- Tendencias hemorrágicas (púrpura es usualmente asociada con septicemia o infecciones virales).
- Deshidratación y disturbios de electrolitos, acidosis severa.
- Taquicardia persistente, señales de fallas cardiacas y respiratorias .
- Anemia severa
- Extensas lesiones exfoliativas de la piel(dermatosis)
- Hipoglucemia
- Hipotermia

Fuente: Meneguello Pediatría [1999]

2.5.1.- RESTAURACION DEL ESTADO NUTRICIONAL

El próximo objetivo de terapia es para reemplazar el déficit de nutrientes en los tejidos tan pronto como sea posible:

- Varios regímenes proveen una dieta para el mantenimiento de los requerimientos diarios, seguido por un incremento gradual en el suministro de los nutrientes. la mejor opción es comenzar con una formula liquida oral o por tubo naso gástrico, distribuyendo igualmente dentro de 6 a 12 alimentaciones por día, dependiendo de la edad de los pacientes y su condición general.
- Esta frecuente alimentación en pequeños volúmenes, pudiera ser dadas cada 4 horas, previniendo vómitos y el desarrollo de hipoglucemia e hipotermia.
- Para niños y adultos con buen apetito, la formula liquida puede ser parcialmente sustituida con alimentos sólidos que tengan una alta densidad y son nutrientes fácilmente digeribles.
- Las dietas que originan mas del 60 a 75 % de energía proveniente de las grasas, son usualmente bien toleradas. la alimentación intravenosa no se justifica en la desnutrición primaria y puede incrementar las causas de mortalidad.
- La fuente de proteína deberá ser de alto valor biológico y fácilmente digerible. la proteína proveniente de la leche sin grasa tiene muy baja densidad energética, la cual debe ser restaurada con la adición de azúcar y/o aceite vegetal.
- Las mezclas de vegetales tienen proteínas digeribles que son del 10 al 20 % mas bajas que las proteínas de origen animal, siendo necesaria una mayor cantidad para la alimentación.
- Las dietas terapéuticas para los niños mayores deben ser ajustadas para su edad. inicialmente el tratamiento pudiera proveer los requerimientos promedio de energía y proteínas, seguido por un incremento gradual de cerca de 1.5 veces la energía y 3 o 4 veces los requerimientos de proteínas por dia.

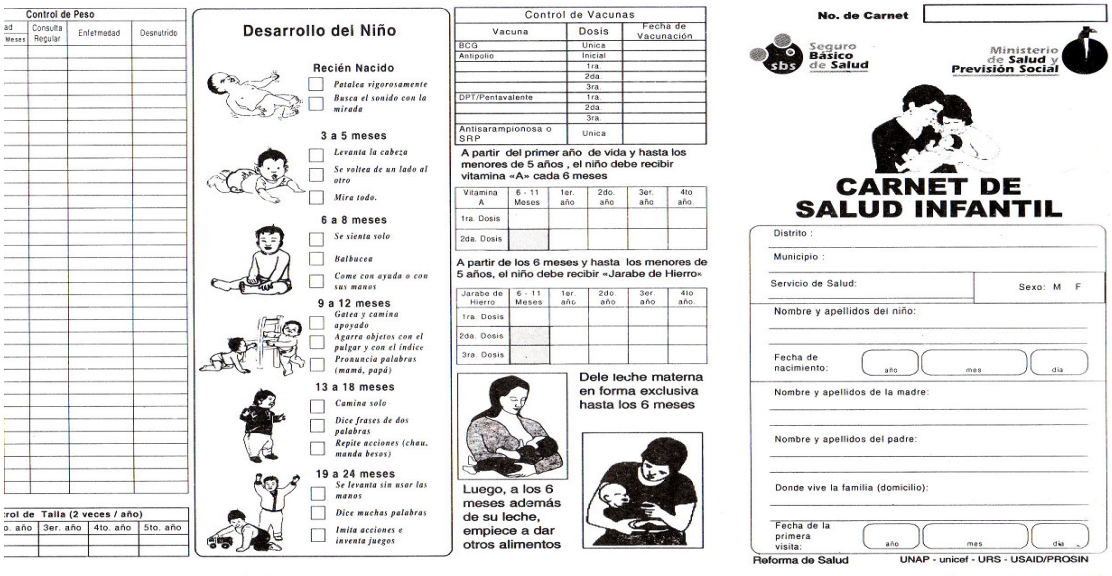
2.6.- CARNET DE SALUD INFANTIL Y ESTADO NUTRICIONAL

Dentro de la políticas de salud implementadas por los gobiernos de turno se inserta el Carnet de Salud Infantil, documento oficial diseñado por el Ministerio de Salud y Deportes para la política de gobierno denominado Seguro Universal Materno Infantil dentro el plan Bolivia.

El Carnet de Salud Infantil presenta dos lados; por un lado el anverso esta dividido en tres bloques, donde por un lado en el bloque de derecha se observa datos domo ser: nombre completo del(a) niño(a), fecha de nacimiento, numero de registro, nombre dela madre, nombre del padre, domicilio y región donde habita. En el bloque medio se tienen los esquemas de vacunación y los esquemas de administración de micro nutrientes de acuerdo al tipo de desnutrición que padece el o la niño(a) y el bloque de la izquierda presenta un formulario denominado Control de Crecimiento, este a su vez contiene: la fecha de consulta (se realiza cada mes), la edad, el peso, la talla y los problemas de salud o nutrición.

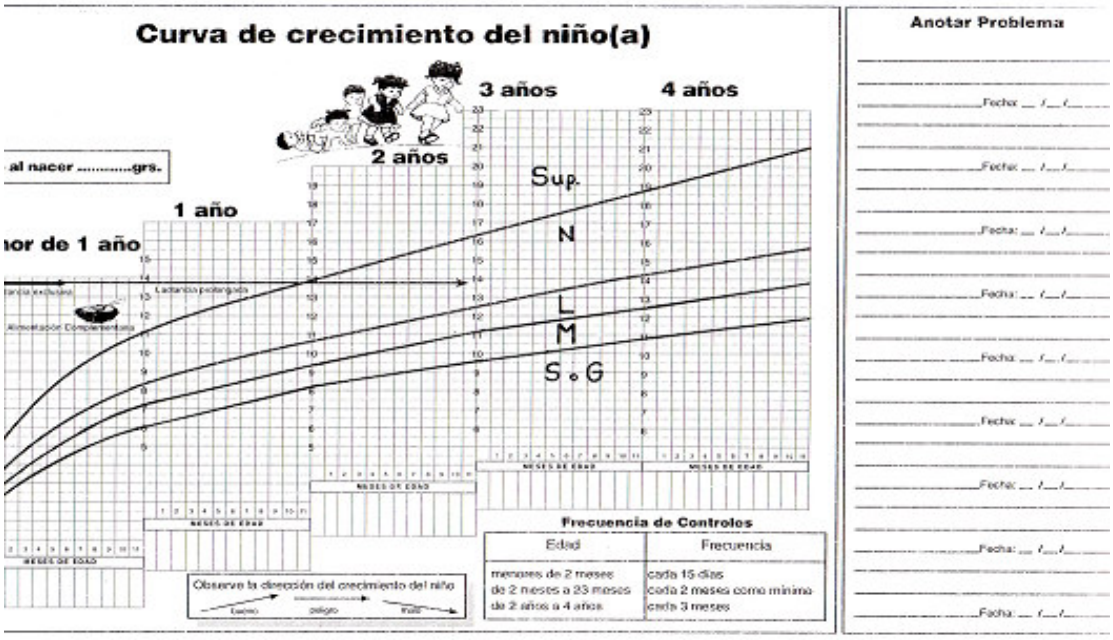
El Carnet de Salud Infantil (CSI) se muestra en las siguientes tablas 2.4 y 2.5 anverso y reverso respectivamente:

Tabla 2.4 Carnet de Salud Infantil del niño(a)



Fuente: Ministerio de Salud y Deportes

Tabla 2.5 Curva de crecimiento del niño(a)



Fuente: Ministerio de Salud y Deportes

En el reverso se encuentra la **curva de crecimiento del niño(a)**, donde se determina el estado nutricional del(a) niño(a) en función a los parámetros ya mencionados.

El estado nutricional se refiere a la evaluación de la desnutrición en función al Carnet de Salud Infantil. □

- Se debe evaluar el estado nutricional a todos los niños.
- El peso bajo requiere consejería nutricional para manejo en casa (desnutrición leve).
- El peso muy bajo también requiere consejería nutricional en casa,
- Además de la dieta específica y supervisada, la desnutrición severa requiere referencia a un nivel superior.

La educación Nutricional es muy importante pero para ello debemos saber en que alimentos encontramos las vitaminas o minerales que necesitamos e identificar los alimentos o recursos con los que cuenta la madre.

Debemos evaluar el estado Nutricional no solo a los niños que están enfermos sino que a todos.

El peso bajo esta relacionado con la desnutrición leve y necesita consejera nutricional.

2.6.1.- CURVA DE CRECIMIENTO DEL(A) NIÑO(A)

La curva de crecimiento esta dada por un eje de coordenadas (como se muestra en la tabla 2.5), donde por un lado el eje horizontal representa las edades de los(as) niños(as) expresados en meses y por el otro el eje vertical representa el peso del(a) niño(a), por lo tanto la intersección determina el estado nutricional del niño(a) en función a las cuatro curvas de crecimiento. Estas curvas delimitan los diferentes estados nutricionales, estos son; estado nutricional normal, desnutrición leve, desnutrición moderada y desnutrición grave o severa.

2.7.- SEGURO UNIVERSAL MATERNO INFANTIL (SUMI)

El Seguro Universal Materno infantil (SUMI) fue creada el 21 de noviembre del año 2002, promulgada con la Ley Nº 2426 por el entonces Presidente de la República Gonzalo Sánchez de Lozada, que en lo referente al seguro de los niños menores de cinco años textualmente en su capitulo I dice:

Se crea el Seguro Universal Materno Infantil en todo el territorio nacional con carácter universal, integral y gratuito, para otorgar las prestaciones de salud en los niveles de atención del Sistema de Nacional de Salud y del Sistema de Seguridad Social de Corto Plazo a:

a) Las mujeres embarazadas desde el inicio de la gestación hasta los 6 meses posteriores al parto.

b) Los niños y niñas desde su nacimiento hasta los 5 años de edad.

Esta Ley fue reglamentada por el **DECRETO SUPREMO Nº 26874** de fecha 21 de diciembre de 2002.

2.7.1.- PROTOCOLOS Y PRESTACIONES

Dentro de las prestaciones que brinda el SUMI a las(os) niños menores de cinco años y que tienen relación directa con el presente trabajo se tienen las siguientes:

a) PRESTACIÓN PARA LA DESNUTRICIÓN LEVE

Tabla 2.6 Prestación desnutrición leve

P1E7

Código	Medicamentos e Insumos	Presentación	Cantidad por caso	Porcentaje de utilización	Pertenece al paquete
I	Vitamina A*	Cápsula	1	100 %	E
	TOTAL				

Fuente: SEDES La Paz

Vitamina A.- Dentro de la administración de la vitamina A se debe tomar en cuenta, que en del grupo etáreo de 6 a 11 meses la dosificación es de 100000 Unidades Internacionales vía oral, para los nuños mayores de un año la dosificación es de 200.000 Unidades Internacionales dos veces al año(cada 6 meses) como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2.7 Administración de Vitamina A

Vitamina A	Dar 100000 UI	Dar 200000 UI	Dar 200000 UI	Dar 200000 UI	Dar 200000 UI
Vitamina A	6 a 11 meses	1er. año	2do. año	3er. año	4to. año
1ra. dosis					
2da. dosis					

Fuente: Carnet de Salud Infantil
Ministerio de Salud y Deportes

b) PRESTACIÓN PARA LA DESNUTRICIÓN MODERADA

Tabla 2.8 Prestación desnutrición moderada

P2E7

Código	Medicamentos e Insumos	Presentación	Cantidad por caso	Porcentaje de utilización	Pertenece al Paquete
I	Jarabe de hierro	Frasco	1	100 %	E
	Aceite vitaminado	Frasco	1	100 %	E

Fuente: SEDES La Paz

Jarabe de hierro (Ferrasol).- La administración es la siguiente:

- 15 gotas para el niño de entre 6 meses a 11 meses.

- 20 gotas para el niño de entre 1 a 2 años.
- 30 gotas para el niño de entre 3 a 5 años.

Lo que se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 2.9 Administración de jarabe de hierro

Jarabe de hierro	6 a 11 meses	1er. año	2do. año	3er. año	4to. año
1er. frasco					
2do. frasco					
3er. frasco					

Fuente: Carnet de Salud Infantil
Ministerio de Salud y Deportes

C) PRESTACIÓN PARA LA DESNUTRICIÓN SEVERA

Tabla 2.10 Prestación desnutrición grabe o severa

P3AN1

CÓDIGOS	MEDICAMENTOS E INSUMOS	PRESENTACIÓN	CANTIDAD POR CASO	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN
I	Aceite vitaminado 450 ml	Frasco	3	100 %
I	Jeringa de 10 o 20 ml.	Pieza	5	70 %
M	Multivitaminas	Jarabe	2	100 %
M	Retinol (vit. A) 200000UIsemestral (de 1 a < de 5 años)	Perlas	0.5	100 %
	PRIMEROS CINCO DIAS			
I	F-75 c/leche descremada (2a<5a)	Litros	42.5	40 %
I	F-75 c/leche descremada (6m a 2a)	Litros	22.5	40 %
I	F maternizada (para < 6 m)	Litros	5	20 %
	SIGUIENTES QUINCE DIAS			
I	F-100 c/ leche descremada(<6m)	Litros	5	20 %
I	F-100 c/ leche descremada(2a<5a)	Litros	42.5	40 %
I	F-100 c/ leche descremada(6m a<2a)	Litros	22.5	40 %
I	Sonda nasogástrica	Pieza	1	60 %
	HOSPITALIZACIÓN	Día	20	80 %
	Total			

Fuente: SEDES La Paz

Aceite vitaminado.- El aceite vitaminado tiene componentes nutritivos y su dosificación es la siguiente:

- Una cucharilla para el niño de entre 6 a 11 meses en cada comida principal.
- Una cucharilla y media en niños de entre 1 a 2 años en cada comida principal.
- Una cucharada en niños de entre 3 a 5 años en cada comida principal. Lo cual se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2.11 Administración de aceite vitaminado

FRASCOS	DESNUTRICIÓN LEVE	DESNUTRICIÓN MODERADA	DESNUTRICIÓN SEVERA O GRAVE
1er. Frasco			
2do. Frasco			
3er.frasco			
4to.frasco			

Fuente: Carnet de Salud Infantil
Ministerio de Salud y Deportes

2.8.- SISTEMA EXPERTO

Un Sistema Experto presenta varios conceptos y/o definiciones de varios autores y se menciona las siguientes:

1. Un sistema experto puede definirse como “un programa de ordenador que resuelve problemas que requieren experiencia humana, mediante el uso de representación del conocimiento y procedimientos de decisión”. [KASTNER, 1984]
2. Es un programa de computación que imita y reproduce la capacidad de razonamiento de un humano en una determinada especialidad. Para ello acude a la información que tiene almacenada, que fue cargada basándose en la experiencia heurística la cual procesa para poder mejorar la productividad, el éxito de un sistema experto depende casi exclusivamente de la calidad de su base de conocimiento. De modo que el sistema experto no es mas que un intermediario entre la persona que le dio los conocimientos y el usuario que aprende de el. [ATIENZA, 2002]

3. Es un sistema informático que incorpora, en forma operativa, el conocimiento de una o varias personas experimentadas, de forma que es capaz de proporcionar respuestas y explicar los mecanismos de razonamiento que ha utilizado para llegar hasta ellas, así como de modificar o ampliar su conocimiento, donde:
    - El conocimiento del experto es en forma operativa.
    - Muestra una explicación y justificación de las respuestas.
    - Puede existir modificación del conocimiento o de los mecanismos de razonamiento.
4. Los sistemas expertos pueden considerarse como un estilo de programación en el que se separa por una parte el conocimiento y por otra, la forma de usarlo, entonces se puede describir los sistemas basados en conocimiento mediante la ecuación:

Sistemas basados		**Modelo**		**Procedimiento**
en el conocimiento	**+**	**declarativo**	**=**	**de interpretación**

Fuente: Lic. Velásquez. M.Sc.

Los Sistemas Expertos, son una rama de la Inteligencia Artificial, son sistemas informáticos que emulan el proceso de aprendizaje, de memorización, comunicación y de acción de un experto humano en cualquier rama de la ciencia. Estas características le permiten almacenar datos y conocimiento, sacar conclusiones lógicas, tomar decisiones, aprender de la experiencia y los datos existentes, comunicarse con expertos humanos, explicar el por que de las decisiones tomadas y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior. [SAMPER, 2000]

Por todos los anteriores conceptos y/o definiciones mencionadas, nos quedáramos con la primera definición por ser la más sencilla.

2.8.1.- CARACTERISITICAS DEL SISTEMA EXPERTO Y EXPERTO HUMANO

Como se ha mencionado anteriormente un sistema experto tiene un campo muy reducido, el cual utilizara para ello el conocimiento que tenga almacenado y métodos de inferencia y cuando se habla de un experto humano, se refiere a una persona competente en una 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 siempre se encuentra disponible, ya que los expertos tienen vacaciones, se jubilan y por ser humanos mueren.
- Son caros, por lo que no existen muchos.
- El experto humano adquiere su conocimiento de forma práctica y en algunos casos es difícil transmitir a otras personas, llegando a ser irremplazables en algunos casos.

Tabla 2.12.- Características del Sistema Experto y el Experto Humano

	Sistema Experto	**Experto Humano**
Conocimiento	Adquirido	Adquirido + innato
Explicación	Único	Múltiple
Capacidad	Siempre	A veces
Reproducible	Si	No evaluable
Vida	Si	No
Tipo de datos	Infinita	finita
Resolución	Simbólica	
Modificación	Heurística	
Solución	Frecuente	
justificación	Satisfactoria	

Fuente: Lic. Luisa Velásquez M.Sc.

2.8.2.- POR QUE USAR UN SISTEMA EXPERTO

Con la ayuda de un Sistema Experto, diferentes personas con poca experiencia pueden resolver problemas en lugar de personas que requieran un conocimiento mas especializado. Esto se debe a que los Sistemas Expertos pueden obtener conclusiones y resolver problemas de forma más rápida que los expertos humamos ya que el razonamiento humano esta en base a un conocimiento adquirido.

El usuario puede aprender observando el comportamiento del sistema, de tal forma que los Sistemas Expertos se pueden considerar simultáneamente como un medio de ejecución y transmisión del conocimiento, representando los mecanismos heurísticos que intervienen en este proceso.

Los Sistemas Expertos están estructurados de una forma diferente a los programas clásicos que presentan ventajas y desventajas entre estos, pero la que logra cubrir y hacer posible dar un diagnóstico es necesariamente un Sistema Experto en base a las reglas de conocimiento las cuales pueden ser ejecutada en forma separada o toda, y a todo esto aplicando lógica de programación.

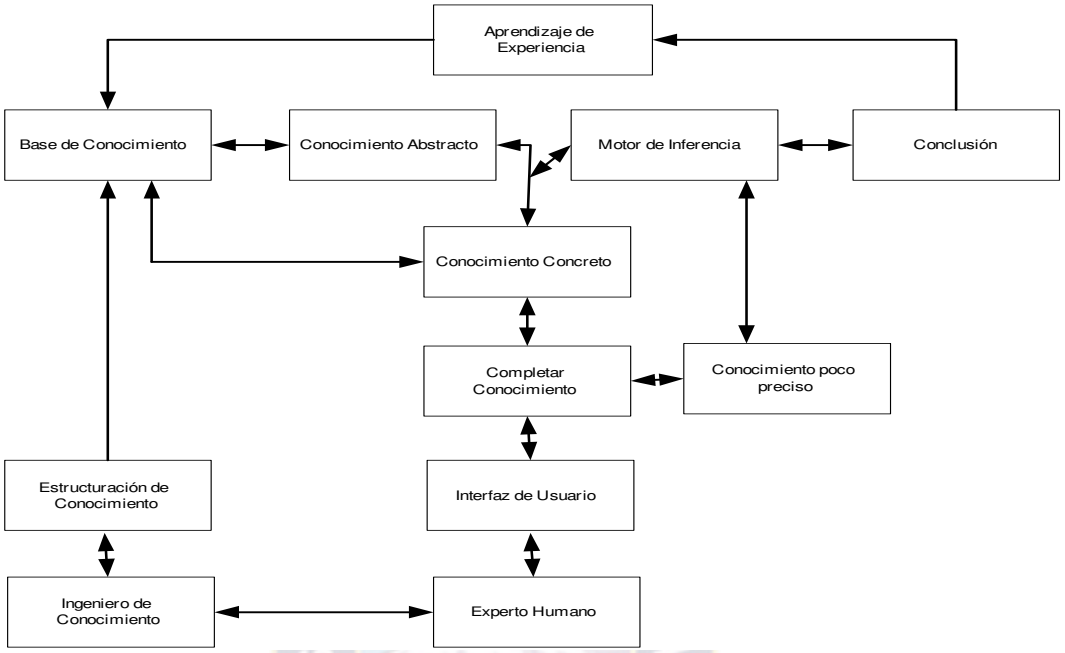
2.8.3.- ESTRUCTURA DE SISTEMA EXPERTO

Los Sistemas Expertos se realizan cuando el ingeniero de conocimiento habla y analiza con el experto humano de un tema de interés, donde el experto humano domina esa área y el ingeniero se encarga de formalizar ese conocimiento transformándolo en un Sistema Experto, observemos dicha estructura en la **figura 2.9.**

Algunas características operativas de los sistemas expertos son:

- Los conocimientos residen en la base de conocimiento (B.C.).
- El proceso de razonamiento implica el mecanismo de inferencia (M.I.).
- Resuelve problemas de su dominio.
- Razona utilizando reglas heurísticas que los expertos consideran eficaces.
- Funciona con datos inciertos y reglas imprecisas usando algún método para determinar
- y manipular grados de credibilidad de datos y conclusiones.
- Interactúa fácilmente con el usuario.
- Es flexible para permitir la modificación y adición de conocimientos.

Figura 2.9 Estructura de un Sistema Experto



Fuente: Lic. Luisa Velásquez M.Sc.

- **EXPERTO HUMANO - INGENIERO DE CONOCIMIENTO**

  El experto humano debe ordenar, estructurar o fundamentar su conocimiento, según las preguntas formuladas por el ingeniero de conocimiento, el cual exige razones, explicando los porque de las mismas y controlara la coherencia de conocimiento en su conjunto, no permitiendo contradicciones en el mismo. [VELASQUEZ, 2003]

  El ingeniero de conocimiento es muy importante para el desarrollo de un sistema experto ya que toda la información obtenida por diferentes medios debe formalizar en una base de conocimiento y en caso de cometer un error hará que el sistema fracase, para evitar esto se debe delimitar el problema y familiarizarse con todo su entorno.

- **USUARIO COMÚN**

  Este usuario es el que trabaja en el ambito para el cual esta hecho

el sistema experto, necesita del sistema experto para poder realizar su trabajo, su rol en el sistema es el realizar consultas al sistema experto para dar soluciones en su área de trabajo.

- **ESTRUCTURACIÓN DE CONOCIMIENTO**

  Se refiere a realizar el control más ordenado y con la intención de detectar imperfecciones, y así poder corregir las mismas.

- **CONOCIMIENTO ABSTRACTO**

  Se encarga de albergar los datos propios correspondientes a los problemas que se desea tratar con la ayuda del sistema, la cual es una especie de memoria de trabajo, la base de hechos puede desempeñar el papel de memoria auxiliar. La memoria de trabajo memoriza todos los resultados intermedios de los diferentes procesos permitiendo conservar el rastro de los razonamientos llevados a cabo.

  La base de hechos representa el conocimiento del estado del sistema en un cierto instante, esto normalmente se lo presenta en una base de datos, y su información esta directamente enlazada con la base de conocimiento.

- **BASE DE CONOCIMIENTO**

  Se refiere al elemento que almacena el conocimiento abstracto a desarrollar y lo pone a disposición del motor de inferencia para su posterior tratamiento. Los conocimientos que suelen almacenar son de cuatro tipos:

  - Conocimiento objetivo, que se describe la situación real del sistema.
  - Conocimiento de sucesos, relacionado con los sucesos que ocurren en el tiempo de ejecución.
  - Conocimiento del funcionamiento del sistema, es saber como se hacen las cosas.
  - Meta conocimientos, que relaciona los anteriores.

- **MOTOR DE INFERENCIA**

  Es un programa que mediante el empleo de los conocimientos puede resolver el problema que se tiene, esta resolución al problema es gracias a los datos que contiene la base de hechos del sistema experto,

analizando la información suministrada, la cual es comparada con la que se posee en la base de datos almacenada, aplica las reglas y obtiene una conclusión.

Un problema que suele presentar es cuando en un determinado problema más de una regla se puede aplicar, en este caso se habla de conflicto de reglas. Casi todos los sistemas expertos poseen un modulo de explicación el cual es necesario, indica el modo que se llega a una conclusión mostrando las reglas que fueron usadas. Otro módulo que poseen es el de adquisición de conocimiento que generalmente se ingresan en forma de reglas, depende de este modulo la actualización del sistema experto

- **INTERFAZ DE USUARIO**

  Se refiere a establecer una comunicación sencilla entre el usuario y el sistema donde el usuario puede consultar con el sistema a través de menús, gráficos, etc. y este le responde mediante resultados e indicando la forma de extraer las conclusiones a partir de los hechos indicados.

- **CONOCIMIENTO POCO PRECISO**

  Cuando el conocimiento abstracto no esta definido en forma determinista o con total certeza, componentes aleatorios o información de tipo difusa, es necesario una base de conocimientos especial que permita almacenar este tipo de información.

- **APRENDIZAJE DE LA EXPERIENCIA**

  El aprendizaje de un sistema experto, puede ser en base a reglas según la base de conocimiento, es denominado aprendizaje estructural o si utiliza probabilidades se diría que tiene un aprendizaje paramétrico.

- **CONCLUSIÓN**

  Una vez obtenida las conclusiones pertinentes el sistema experto, debe realizar ciertas acciones, revisar, realizar varias pruebas para poder verificar su funcionamiento y así poder dar una acertada conclusión acerca del sistema experto.

2.9.- TÉCNICAS DE REPRESENTACIÓN DE CONOCOMIENTOS

Para que un sistema de software utilice conocimientos relativos a un dominio, debe contar con una forma de representar dichos conocimientos. Existen tres cualidades importantes respecto a un lenguaje o estructura para la representación de conocimientos en el caso de sistemas expertos.[RES 1999]

- **Expresividad:** ¿Puede expresar de manera efectiva el conocimiento del experto?
- **Comprensibilidad:** ¿Puede el sistema experto conocer que "sabe" del sistema?
- **Accesibilidad:** ¿ Puede el sistema experto utilizar y aprovechar bien la información que ha sido dada?

2.9.1 REDES SEMÁNTICAS

Las redes semánticas tienen muchos precursores dentro de la inteligencia artificial, el primero que las propuso con un tratamiento formal fue M. Quillian en 1968. Las redes semánticas básicamente han sido muy utilizadas en inteligencia artificial "Es un modelo de memoria humana que se encarga de capturar la semántica de las palabras y lograr uso del significado de manera parecida a los seres humanos"[CHO 2002], es decir en trabajos que tienen que ver con la comprensión del lenguaje natural.

Un a red semántica esta compuesta de nodos y enlaces o arcos. Los nodos representan conceptos de palabras y los arcos se encargan de enlazar los conceptos para establecer las definiciones.

Cuando un sistema trabaja con redes semánticas, el proceso de responder preguntas se basa en la comparación o aparejamiento de patrones , en este caso el patrón a comparar será una subred, por ejemplo:

Figura 2.10 Comparación o aparejamiento de patrones

Fuente: [RES 1999]

El sistema compara esto con la red existente , para hablar en este caso , todos los elementos que tienen la relación de B con el objeto A.

Por otra parte el significado de una red semántica, se establece con los procedimientos que “interpretan” a los enlaces. Cada tipo de enlace tiene propiedades diferentes que requiere una interpretación diferente.

Una red semántica distingue dos enlaces principales[CHO 2002]:

- **subclase es-un**: las clases de “arriba” están definidas en términos de conceptos generales que se asumen se cumples en todas sus subclases.
- **Modificadores**: propiedades particulares de conceptos específicos.

2.9.2 SISTEMAS BASADOS EN REGLAS

Las reglas determinadas constituyen las más sencillas de las metodologías utilizadas en sistemas expertos. La base de conocimiento contiene las variables y el conjunto de reglas que definen el problema, y el motor de inferencia obtiene las conclusiones aplicando la lógica clásica a estas reglas. Por regla se entiende una proposición lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas portes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos **and, or, not**. Una regla se escribe normalmente como :”**Si premisa, entonces conclusión**”

Hay dos tipos de elementos: los datos (hechos y evidencias) y el conocimiento(el conjunto de reglas almacenados en la base de concimiento). El motor de inferencia usa ambos para obtener nuevas conclusiones o hechos. Por ejemplo, si la premisa de una regla es cierta, entonces la conclusión de la regla debe ser también cierta. Los datos iniciales se incrementan incorporando las nuevas conclusiones. Por ello, tanto los hechos iniciales o los datos de partida como las conclusiones derivadas de ellos forman parte de los hechos o datos que se disponen en un instante dado.

Para obtener conclusiones , los expertos utilizan distintos tipos de reglas y las estrategias de inferencia y el control.[GUT 2000]

Las partes de inferencia son: **Modus Ponens** y **Modus Tollens** y las estrategias de inferencia están dadas por: **encadenamiento de reglas (encadenamiento hacia adelante) y encadenamiento de reglas orientado a un objetivo (encadenamiento hacia atras)**

Que son utilizadas por el motor de inferencia para obtener conclusiones simples y compuestas.

Modus Ponens y Modus Tollens.

El modus Ponens es quizás la regla de inferencia mas comúnmente utilizada, se utiliza para obtener conclusiones simples. En ella , se examina la premisa de la regla, si es cierta, la conclusión pasa a formar parte del conocimiento. Como ilustración, supóngase que se tiene la regla, “si A es cierto, entonces B es cierto” y que se sabe además que “A es cierto”. La regla Modus Ponens concluye que “B es cierto” esta regla de diferencia, que parece trivial, debido a su familiaridad, es la base de un gran numero de sistemas expertos.

La regla de inferencia Modus Tollens se utiliza también para obtener conclusiones simples. En este caso se examina la conclusión y si es falsa, se concluye que la premisa también es falsa. Por ejemplo, supóngase que de nuevo se tiene la regla, “si A es cierto, entonces B es cierto” pero se sabe que “B es falso” entonces, utilizando la regla Modus Ponens no se puede obtener ninguna conclusión pero la regla Modus Tollens concluye que (A es cierto).

El rendimiento del motor de inferencia depende del conjunto de reglas en su base de conocimiento. Hay situaciones en las que el motor de inferencia puede concluir utilizando conjunto de reglas, pero no puede , utilizando otro (aunque estos sean lógicamente equivalentes) [GUT 2000]

2.9.3 ENCADENAMIENTO DE REGLAS

Una de las estrategias de inferencia mas utilizadas para obtener conclusiones compuestas es el llamado encadenamiento de reglas. Esta estrategia puede utilizarse cuando las premisas de cierta reglas coinciden con las conclusiones de otras. Cuando se encadenan las reglas, los hechos pueden utilizarse para dar lugar a nuevos hechos. Esto se repite sucesivamente hasta que no puedan obtener mas conclusiones. El tiempo que consume este proceso hasta su terminación depende , por una parte , de los hechos conocidos, y , por otra, de las reglas que se activan. Este Algoritmo puede ser implementado de muchas formas una de ellas comienza con las reglas cuyas premisas tienen valores conocidos. Estas reglas deben concluir y sus conclusiones dan

lugar a nuevos hechos. Estos nuevos hechos se añaden al conjunto de hechos conocidos, y el proceso continua hasta que no pueden obtenerse nuevos hechos.

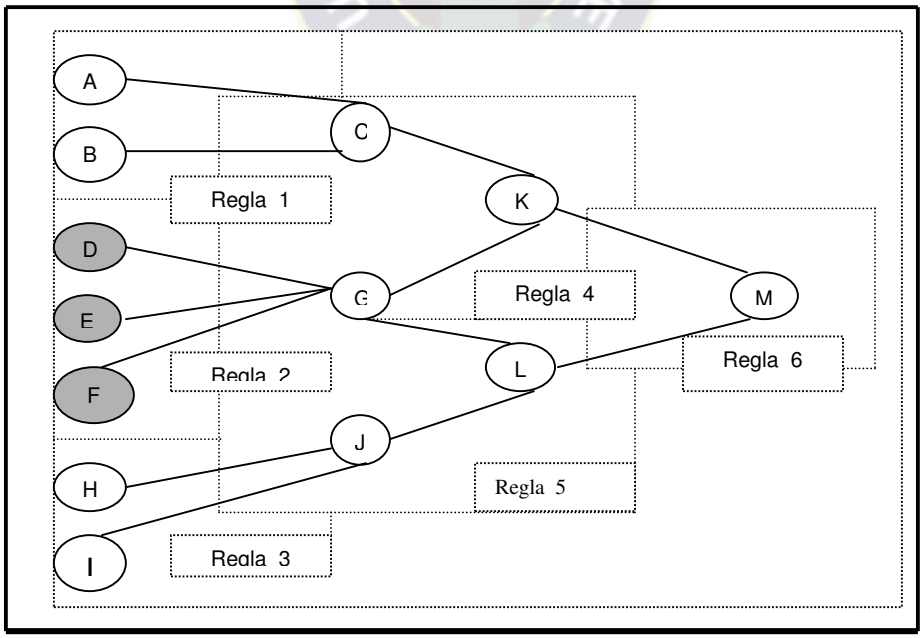
La Figura 2.3 muestra un ejemplo de seis reglas que relacionan 13 objetos, del A a M. Las relaciones entre estos objetos implicadas por las seis reglas pueden representarse gráficamente, tal como se muestran en la figura 2.4 , donde cada objeto se representa por un nodo. Las aristas representan la conexión entre dos objetos de la premisa de la regla y el objeto de su conclusión. Nótese que las premisas de algunas reglas coinciden con las conclusiones de otras reglas. Por ejemplo, las conclusiones de las reglas 1 y 2 (objetos C y G) son las premisas de la regla 4.

Figura 2.11 Encadenamiento por reglas

REGLA 1 Si A y B entonces C	REGLA 2 Si D, E y F entonces G	REGLA 3 Si H e I entonces J
REGLA 4 Si C y G entonces K	REGLA 5 Si G y J entonces L	REGLA 6 Si K y L entonces M

Fuente: [SAM 2004]

Figura 2.12 Una representación grafica de las relaciones entre las seis reglas

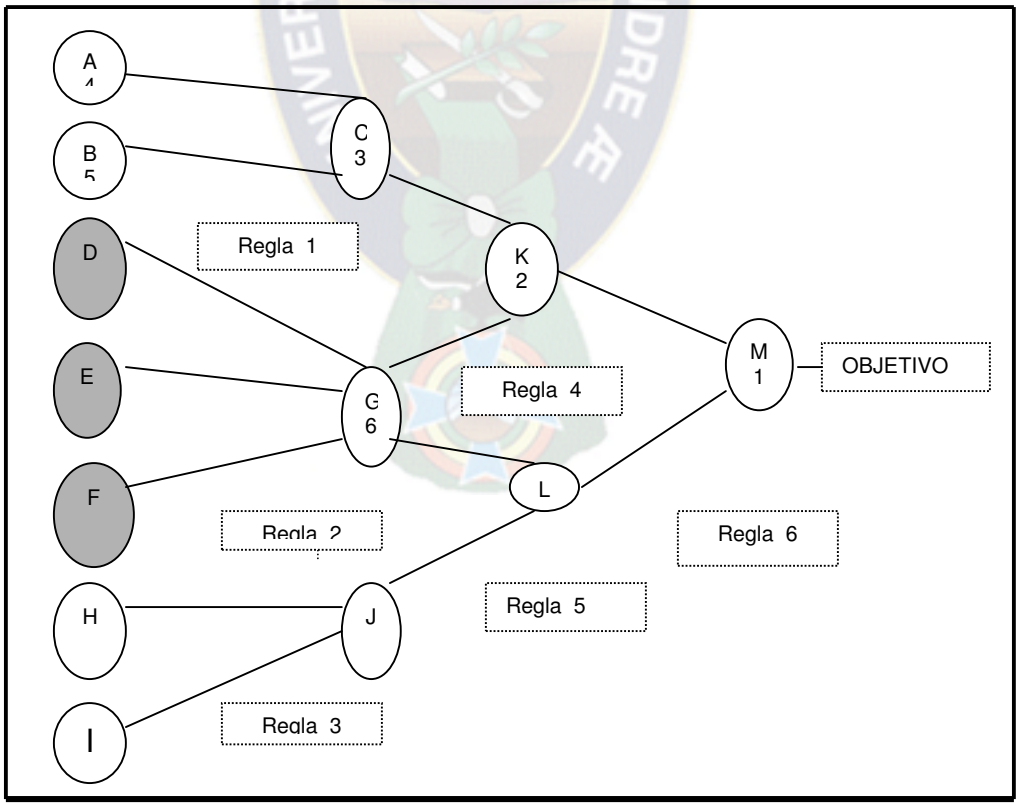


Fuente: [SAM 2004]

2.9.4 ENCADENAMIENTO DE REGLAS ORIENTADO A UN OBJETIVO

El algoritmo de encadenamiento de reglas orientado a un objetivo requiere del usuario seleccionar, en primer lugar, una variable o nodo objetivo; entonces el algoritmo navega a través de las reglas en búsqueda de una conclusión para el nodo objetivo. Si no se obtiene ninguna conclusión con la información existente, entonces el algoritmo fuerza a preguntar al usuario en busca de nueva información sobre los elementos que son relevante para obtener información sobre el objetivo. Considérense las seis reglas de las figuras 2,3 y 2.4. Supóngase que se selecciona el nodo M como nodo objetivo y que se sabe que los objetivos ; D;E;F y L son ciertos. Estos nodos están sombreados en la figura 2.5. Las etapas del algoritmo de encadenamiento de reglas orientado a un objetivo se ilustran en la figura 2.5 donde el número en el interior del nodo indica el orden en el que se visita cada nodo.

Figura 2.13 Ejemplo de algoritmo de encadenamiento de reglas orientado a un objetivo.



Fuente: [SAM 2004]

2.10 LÓGICA DIFUSA

La Lógica Difusa que hoy en día se encuentra en constante evolución nació en los años 60, como la lógica del razonamiento aproximado es en ese sentido que se la podría considerar como una extensión de la lógica multievaluada. Lotfi Zadedth, estadounidense de origen iraní, de la Universidad de California en Berkeley es el padre de la Lógica Difusa, aplico la lógica multievaluada a la teoría de conjuntos e introdujo el termino *fuzzy* (borroso), a la vez que desarrollo un álgebra completo para estos conjuntos, aunque no se tuvieron aplicaciones prácticas hasta mediados de los setenta.

La lógica difusa es la rama de la inteligencia artificial que le permite a un computador analizar la información del mundo real en una escala entre falso y verdadero, intenta copiar la forma en que los humanos toman decisiones, estas que en la mayoría de los casos son distintas a una simple negación o afirmación. En cierto nivel la Lógica Difusa puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal, es la lógica fundamental de los modos del razonamiento que son aproximados antes que exactos. Algunas características esenciales de la Lógica Difusa se relacionan con lo siguiente:

- En la Lógica Difusa el razonamiento exacto es considerado como un caso limite del razonamiento aproximado.
- En la Lógica Difusa todo es materia de grados de pertenencia.
- Cualquier sistema lógico puede ser elevado a términos difusos.

Una vez que dispongamos de representación analíticas de cada uno de los elementos lógicos que acabamos de enumerar, estaremos en disposición de desarrollar formalmente un controlador “heurístico” que nos permita inferir el control adecuado de un proceso en función de un conjunto de reglas ”lingüísticas”, definidas de antemano tras la observación de la salida y normas de funcionamiento de este. [RICH, 1989]

2.10.1.- CONJUNTOS DIFUSOS

La Lógica Difusa trabaja con conjuntos que se definen a través de una función de pertenencia que se denota con μ(x) que indica el grado de pertenencia (valor entre 0 y 1) del elemento con valor x al conjunto A. En la Lógica Difusa también se define las operaciones de unión, intersección y complemento, estas se define como:

P1 AND P2 = Min (P1, P2)

P1 OR P2 = Max (P1, P2) $\Rightarrow$ NOT P1 = 1 – P1

En la teoría de la lógica difusa establece tres operadores AND, OR y NOT para combinar valores de verdad no enteros.

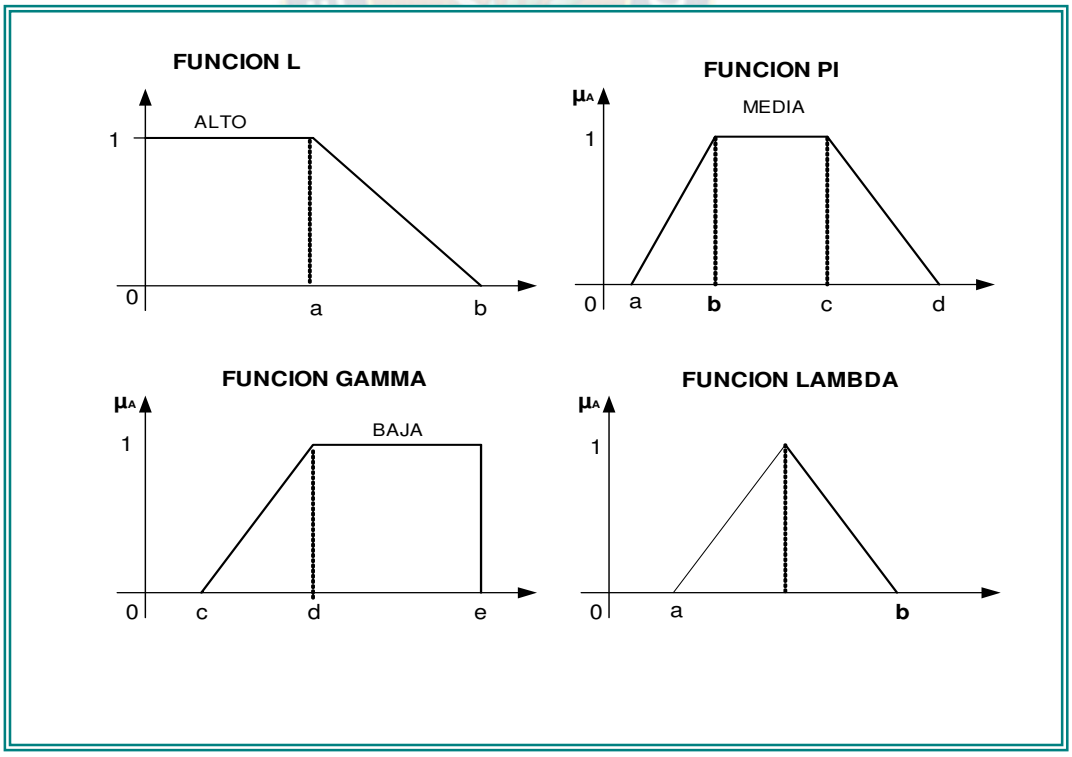
Estos operadores pueden ser combinados de una manera rigurosa y consistente.

2.10.2.- FUNCIONES DE PERTENENCIA

Definimos función de pertenencia como aquella aplicación que asocia a cada elemento de un conjunto difuso, el grado con que pertenece al valor lingüístico asociado. La Logia Difusa trabaja con conjuntos que se definen por sus funciones de pertinencias:

Para formalizar la discusión de los grados de pertenencia, un conjunto difuso A esta completamente definido sobre el universo Ω (todos los valores posibles a ser tomados por un atributo), mediante la siguiente función de pertenencia. (Ver Fig. 2.14) **μA:** Ω **->** [0,1] El valor de μA(x) para x ε Ω representa el grado de pertenencia de x en A.

Figura 2.14 Función de pertenencias usuales



Fuente: [RICH, 1989]

Las funciones “L” y “GAMMA” se usan para calificar valores lingüísticas externos. La función “PI” se usa para describir valores intermedios. Su diferencia reside en que la función “PI” implica un margen de tolerancia alrededor del valor que se toma como más representativa del valor lingüístico asociado al conjunto difuso, por ejemplo si se desea determinar la respuesta a una pregunta en este caso el grado de edema, donde la respuesta puede ser: leve, Grave y Extremo, entonces la lógica difusa nos ayudara a determinar en que punto se encuentra en el intervalo cerrado [0,1] utilizando la lógica difusa con sus respectivas funciones de pertenencia.

DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

3.1.- DESCRIPCION DE LOS MODELOS

Para realizar un sistema experto y representar el conocimiento en una tarea determinada se puede utilizar las siguientes herramientas para su construcción como son: Redes Semánticas, que consiste en un conjunto de nodos los cuales representan objetos, también se utilizan los armazones (frames) que constan básicamente de una estructura de datos y la inclusión de información declarativa y procedimental, también se tiene guiones, es una estructura utilizada para guardar prototipos de secuencia de sucesos. Se puede emplear muchos componentes diferentes para construir un guión, los más comunes son:

- Condiciones de entradas, condición que debe existir para el libreto que debe aplicarse.
- Resultados, condiciones que serán verdaderas después de ocurrir un evento en el guión.
- Utilería, son objetos involucrados en el guión.
- Papeles, son agentes que realizan acciones en el guión.
- Escenas, son acciones especificas de eventos que hacen al guión.
- Los problemas con los que puede tratar los Sistemas Expertos pueden clasificarse en dos tipos: esencialmente deterministas y problemas esencialmente estocásticos.

Otra manera de representar el conocimiento se tiene las reglas de producción, que describen acciones y situaciones, dependiendo de ciertas condiciones, para que la regla sea aplicable, donde en el miembro izquierdo, se describe la situación y al lado derecho describe las acciones que se van ha llevar a cabo cuando se dispara la regla. Para poder obtener mas certeza de las palabras lingüísticas vagas se aplica la Lógica Difusa que nos ayuda a medir en grados de pertenencia en un rango [0,1].

Los problemas de tipo determinista pueden ser formulados usando un conjunto de reglas que relaciona varios objetos bien definidos. Los Sistemas Expertos que tratan problemas deterministas son conocidos como "Sistemas Basados en Reglas", porque sacan sus conclusiones basándose en un conjunto de reglas utilizando un mecanismo de razonamiento lógico.

En cuanto a la construcción de la base del conocimiento se puede hacer uso de las diferentes estructuras del conocimiento, estas estructuras son muy importantes porque proporcionan una forma de representar la información, sobre modelos de cosas que ocurren en el mundo real.

3.1.1.- METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO

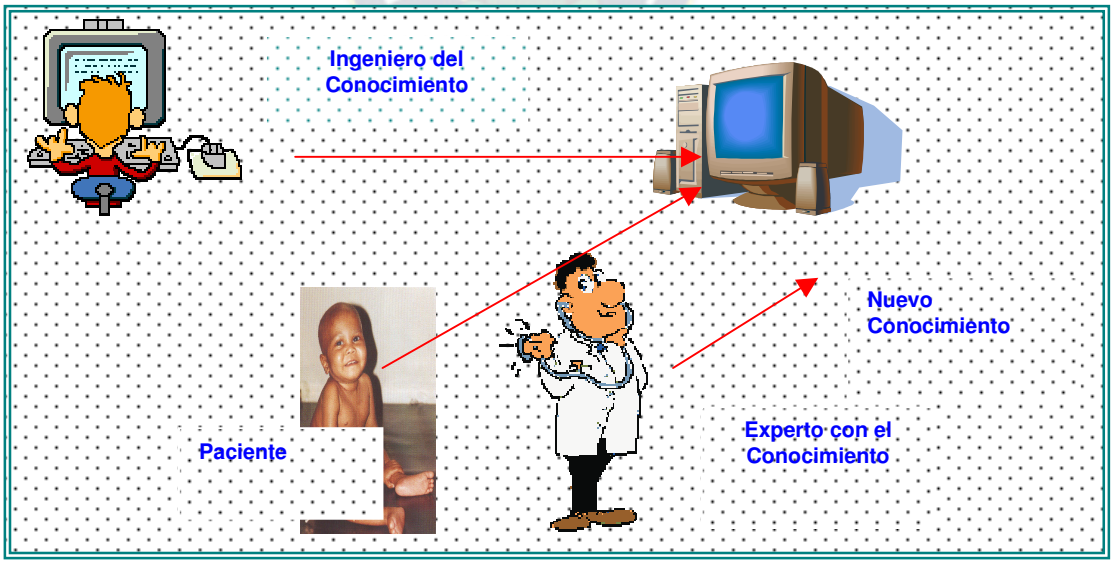
La siguiente metodología plantea ocho pasos básicos para el desarrollo de un Sistema Experto. Se debe hacer notar que en el desarrollo de la tesis no se toma los ocho pasos planteados, por que solo se llegara al desarrollo de un modelo y no así en su totalidad, esto porque un sistema experto necesita de mas tiempo para su desarrollo y mas herramientas de aplicación.

- **El planteamiento del Problema**, es la parte fundamental para desarrollar un Sistema Experto, esto nos encamina hacia una solución utilizando los objetivos, el problema de realizar el diagnóstico de la desnutrición en niños se plantea en relación a la poca disponibilidad que se cuenta con el personal capacitado, en nuestro caso con un nutricionista que nos permita la orientación adecuada.
- **Hallar al experto humano**, el experto humano será esencial para el desarrollo del trabajo porque transmitirá sus conocimientos, la información obtenido debido a la experiencia en la consulta, junto al ingeniero del

conocimiento desarrollan en un sistema todos los conocimientos del experto humano.

- **Diseño del Sistema Experto**, esta parte comprende la estructuración de la base de conocimiento, realizada con reglas de producción, luego se diseña el motor de inferencia, el que permitirá inferir mediante la lógica difusa las soluciones mas adecuadas.
- **Elección de la herramienta de desarrollo**, se tendrá en cuenta a los lenguajes lógicos y el que se adecua al presente trabajo es Visual Prolog, desarrollado para este tipo de tareas lógicas y adecuadas para nuestro Sistema Experto.
- **Construcción y prueba del prototipo**, esta etapa se desarrollara utilizando la programación en Prolog, utilizando el shell ESTA para una mejor aplicación de nuestras estrategias de solución, las pruebas estarán orientadas al manejo de los datos que se tengan del usuario, estos datos serán utilizados para que el prototipo devuelva los resultados esperado, repitiendo el proceso hasta obtener el máximo rendimiento. Este proceso se puede observar gráficamente en el siguiente esquema:

Figura 3.1 Relación de grupos que intervienen en el desarrollo del trabajo



Fuente: *Elaboración propia*

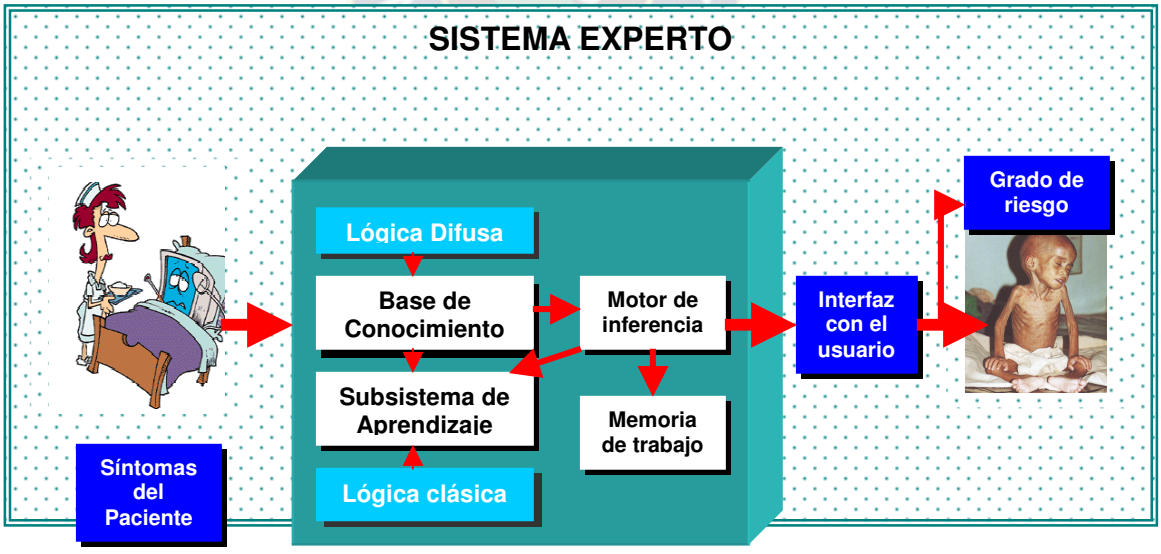
En la figura anterior, se puede notar la descripción de uno de los dos prototipos fundamentales de la ***investigación científica***, el cual es producir conocimientos y teorías, este nuevo conocimiento se plasma en un sistema experto que determina grado de desnutrición en niños. El cual esta formado básicamente por dos tipos de conocimientos, conocimiento teórico y el de los hechos reales.

3.2 .- DESCRIPCION INFORMAL DEL MODELO

La representación del conocimiento se encuentra estructurada por un conjunto de convenciones y semánticas que permiten describir los hechos que ocurren en un proceso de diagnóstico. Utiliza para la representación del conocimiento, técnicas básicas como la lógica de proposiciones y las reglas de inferencia para inferir las inclusiones y las técnicas de representación de la incertidumbre como la lógica difusa, dicha representación se estructura en forma de reglas de producción.

En los componentes del sistema experto propuesto se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 3.2 Componentes del sistema experto propuesto



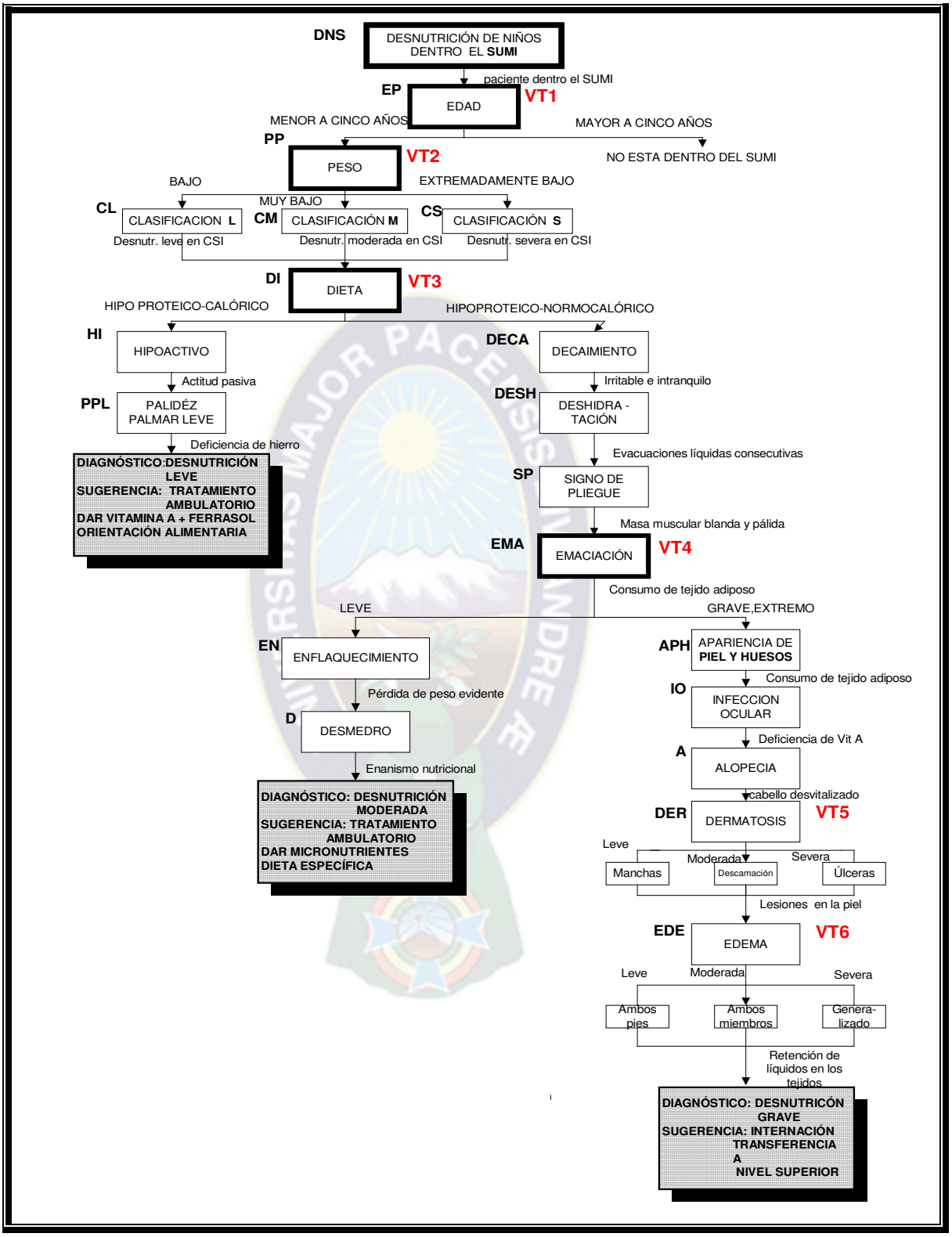
Fuente: Elaboración propia

- **Base de conocimiento,** contiene el conocimiento del dominio convenientemente formalizado y estructurado. La representación del conocimiento es sencilla y mediante reglas.
- **Motor de inferencia,** modulo que se encarga de las operaciones de busqueda y selección de las reglas a utilizar en el proceso de razonamiento.
- **Memoria de trabajo,** también conocida como base de hechos, contiene la información que parece invariable (hechos), los datos de entrada y conclusiones intermedias que se generan en el proceso de razonamiento.
- **Interfaz de usuario,** mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto.
- **Lógica difusa,** nos permite evaluar las preguntas hechas a la madre del paciente, donde las respuestas que tienen más de dos opciones, estas deben estar representadas por una función de pertenencia donde se evaluara las respuestas, un ejemplo es el Edema que presenta las opciones de *Leve, Grave o Extremo*.
- **Lógica clásica,** nos permite evaluar las preguntas hechas al paciente de cada síntoma, de los cuales si la respuesta es *Si* o *No*, no necesitan función de pertenencia ya que utiliza la lógica clásica que es igual a verdad o valso

3.3.- ARBOL AND/OR

Para representar el conocimiento abstracto se hará uso del árbol AND/OR, para realizar el diagnóstico de la etapa en que se encuentra la desnutrición, sus posibles complicaciones y de acuerdo a esto determinar un posible tratamiento. La Figura. 3.4 muestra una parte del razonamiento que se debe seguir para determinar el grado de desnutrición.

Figura 3.3 Arbol AND /OR



Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.- COMPONENTES

- **REGLAS**

If DNS = 'Paciente se encuentra dentro el SUMI' **and**
Then VT1 = 1
EP = 'Edad entre cero a cinco años' **and**
Then VT2 = 1
PP = 'Peso bajo para la edad' **and**
CL = 'Desnutrición leve dentro el CSI'
Then VT3 = 1
DI = 'Dieta hipocalórica e hipo proteica' **and**
HI = 'Actitud pasiva'
AC = 'Apariencia de paciente normal'
PPL = 'Deficiencia de hierro'
Then Diagnóstico : "Desnutrición Leve"
Conducta : Dar vitamina A + Ferrasol
Orientación nutricional.
Sugerencia : Tratamiento ambulatorio

If VT2 = 1 **and**
PP = 'Peso muy bajo para la edad' **and**
CM = 'Desnutrición moderada dentro el CSI' **and**
Then VT3 = 1
DI = 'Dieta hipoprotéica y normocalórica' **and**
DECA = 'Irritable e intranquilo' **and**
DESH = 'Presenta evacuaciones líquidas consecutivas' **and**
SP = 'Masa muscular pálida y blanda' **and**
Then VT4 = 1
EMA = 'Presenta emaciación grave' **and**
EN = 'Pérdida de peso notorio' **and**
D = 'Evidente enanismo nutricional' **and**

Diagnostico: "Desnutrición Moderada"

Conducta : Administrar Micronutrientes

Establecer Dieta específica

Sugerencia : Tratamiento ambulatorio

If VT2 = 1 **and**

PP = 'Peso extremadamente bajo para la edad' **and**

CS = 'Desnutrición severa dentro el CSI' **and**

Then VT3 = 1

DI = 'Dieta hipoproteica y normocalórica' **and**

DECA = 'Irritable e intranquilo' **and**

DESH = 'Presenta evacuaciones líquidas consecutivas' **and**

SP = 'Presenta masa muscular blanda y pálida' **and**

Then VT4 = 1

EMA = 'Presenta emaciación grave' **and**

APH = 'Consumo de tejido adiposo' **and**

IO = 'Infección ocular por insuficiencia de vitamina A' **and**

A = 'Cabello desvitalizado' **and**

DER = 'Evidencia de lesiones en la piel' **and**

EDE = 'Presenta retención de líquidos en los tejidos' **and**

Then Diagnóstico = "Desnutrición Grave o Severa"

Sugerencia: Tratamiento Hospitalario

Conducta : Internación

- **BASE DE CONOCIMIENTO**

La base de conocimiento, contiene todos los hechos, las reglas del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema, en esta parte tendremos de manera informal los relatos de un niño(a) que tiene desnutrición.

- **HECHOS**

Son conformadas por las sentencias mas simples que muestran una relación entre objetos y a través de esta relación se puede llegar a describir sus cualidades particulares. Cuando se obtienen los relatos se puede comenzar a determinar los hechos, del proceso de la siguiente manera:

- El consumo de dietas deficientes
- Peso para la edad decreciente
- Etapas estacionarias alargadas en cuanto al peso
- Clasificación L en su Carnet de Salud Infantil
- Historial familiar de desnutrición crónica
- Evacuaciones líquidas frecuentes (mas de lo normal)

- **LAS REGLAS**

Una vez realizado los procesos anteriormente mencionados, como ser la clasificación de la característica de los procedimientos alrededor de un objeto y las relaciones entre los objetos con las técnicas de programación, estos objetos hacen las reglas de nuestra **base de conocimiento**, presentándose de la siguiente manera.

SI *premisa* **ENTONCES** *conclusión y/o conclusión*

Con las **premisas**, se piden vínculos lógicos que hagan referencia a los objetos.

- **EL MOTOR DE INFERENCIA**

En este proceso extraeremos las conclusiones de la base de conocimiento, según un método de solución de problema que emite el procedimiento humano (experto), para solucionar problemas, la conclusión a la que se llega se produce mediante la aplicación de las reglas sobre los hechos, cuando se aplica una regla sobre algunos hechos en la base de conocimiento este proceso será como sigue:

Regla1:

SI un niño(a) tiene los beneficios del Seguro Universal Materno Infantil, la madre consulta por que su niño(a) tiene la clasificación L en su CSI, consume una dieta insuficiente(por razones económicas), se muestra hipoactivo, además de presentar palidez palmar **ENTONCES** puede tener desnutrición leve.

Regla 2:

SI un niño(a) tiene los beneficios del Seguro Universal Materno Infantil, la madre consulta por que su niño(a) tiene la clasificación L en su CSI, consume una dieta deficiente(por razones de desconocimiento), presenta decaimiento, deshidratación, emaciación leve, enflaquecimiento y desmedro **ENTONCES** presenta desnutrición moderada.

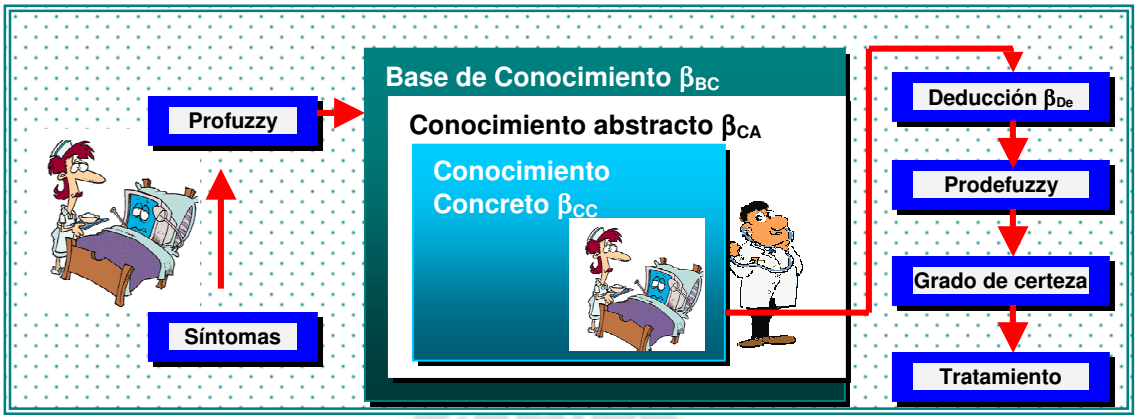
Regla 3:

SI un niño(a) tiene los beneficios del Seguro Universal Materno Infantil, la madre consulta por que su niño(a) tiene la clasificación L en su CSI, consume una dieta deficiente(por razones de desconocimiento), presenta decaimiento, deshidratación, emaciación grave, tiene la apariencia de piel y huesos, presenta infección ocular, alopecia, dermatosis y edema **ENTONCES** presenta desnutrición severa.

3.4.- INTERACCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO

Se introducen al sistema signos y síntomas del paciente en el momento de la consulta, a continuación se identifican las variables lingüísticas y sus términos asociados, en los síntomas se muestran la inexactitud, son fuzzificados mediante prfuzzy, seguidamente de acuerdo a los síntomas se realiza el proceso de inferencia en la base de conocimiento (β_{BC}). La selección del conocimiento abstracto (β_{CA}) que se identifica con el conocimiento concreto del paciente. Para luego aplicar las reglas de inferencia y de obtener una deducción ($\beta_{DE)}$, el resultado de la inferencia es defuzzificado mediante Prdefuzzy, para luego emitir el grado de desnutrición que presenta el paciente.

Figura 3.4 Interacción entre componentes



Fuente: Elaboración propia

3.5.- DESCRIPCION FORMAL DEL MODELO

En el modelo formal se describe los procedimientos de inferencia que se realiza sobre los elementos del modelo informal desarrollado anteriormente. Para la cual se hace uso de los siguientes conjuntos:

- Un conjunto de signos y síntomas (**S_1, S2,…., Sn**), que son las variables de entrada con las que trabaja el sistema experto.
- Se realiza el proceso de inferencia con los síntomas de entrada, se aplica logia difusa para las variables lingüísticas, para obtener un valor optimó de modo que permita encontrar un buen diagnóstico, también se hace una selección de las reglas que debe aplicarse.
- Cada paciente (p_i) puede presentar uno a varios tipos de desnutrición, donde:

  P_i = {caso$_1$, caso$_2$, caso$_3$}

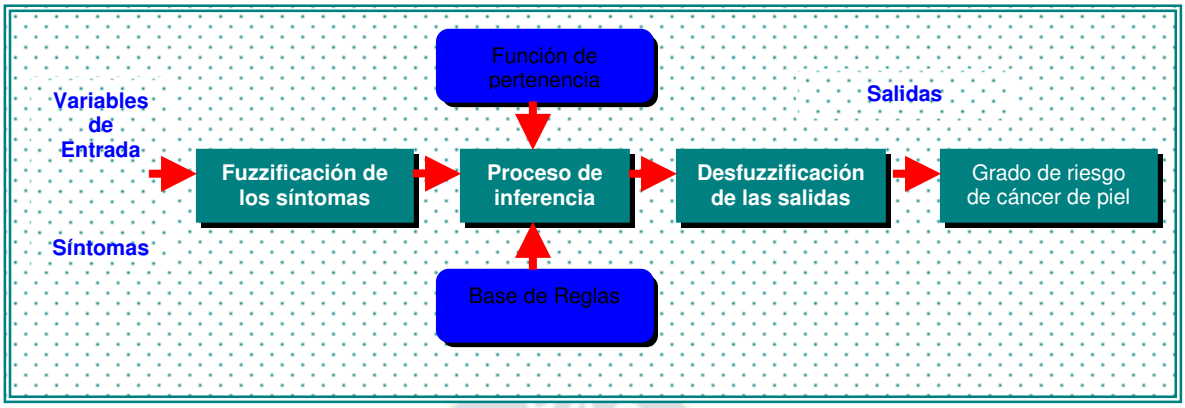
  Tenemos:

  Caso$_1$ = Desnutrición leve

  Caso$_2$ = Desnutrición moderada

  Caso$_3$ = Desnutrición grave o severa
- Al valor resultante de la inferencia se aplica la función de defuzzificacion, para obtener el grado de desnutrición.

Figura 3.5 Funcionamiento del modelo planteado



Fuente: Elaboración Propia

- **Fuzzificación:** La Fuzzificación es un proceso, para convertir datos medidos del mundo real (entradas del sistema) a un valor lingüístico en el mundo de la lógica difusa. Las funciones de pertenencia definidas para las variables de entrada se aplican a sus valores actuales correspondientes, para poder determinar el grado de verdad para cada regla de la Premisa.

- **Desfuzzificación:** El resultado final del sistema lógico difuso es la determinación de un valor de salidas real, la cual es usada cuando se desea convertir la salida en un valor puntual numérico. Para realizar la Desfuzzificación se utilizara el **Método de Singleton,** que consiste en calcular un promedio de los centroides de las funciones de pertenencia de los conjuntos de salidas activadas. Su formula esta dada por:

$$X = \frac{\text{CNada}*\mu\text{Nada}(x)+\text{CLeve}*\mu\text{Leve}(x)+\text{CGrave}*\mu\text{Grave}(x)+\text{CExtremo}*\mu\text{Extremo}(x)}{\mu\text{Nada}(x)+\mu\text{Leve}(x)+\mu\text{Grave}(x)+*\mu\text{Extremo}(x)}$$

3.6.- REGLAS DE INFERENCIAS

Para ejemplificar a través de reglas de inferencia, se formalizará el conocimiento haciendo uso de la lógica proposicional y de esta forma mostrar como se puede inferir en base a cierto conocimiento y se mostrara algunas de sus reglas.

Regla 1

P1: Todo niño(a) puede padecer desnutrición causada por una dieta insuficiente.

P2: Todo niño(a) con una dieta insuficiente, menor de cinco años y se muestre hipo activo puede padecer de desnutrición.

P3: Todo niño(a) puede padecer de desnutrición si presenta peso bajo, peso muy bajo o peso extremadamente para su edad.

P4: Toda niño(a) que presente deshidratación, signo del pliegue, decaimiento, enflaquecimiento además de desmedro tiene desnutrición.

FORMALIZANDO

o:	Desnutrición
p:	Dieta insuficiente
q:	Menor de cinco años
r:	Ipoactivo
s:	Deshidratación
t:	Peso bajo
u:	Peso muy bajo
v:	Peso extremadamente bajo
w:	Signo del pliegue
x:	Decaimiento
y:	Enflaquecimiento
z:	Desmedro

FORMALIZANDO

P1:	o	
P2:	$(p \wedge q \wedge r) \Rightarrow o$	
P3:	$o \Rightarrow (t \vee u \vee v)$	
P4:	$(w \wedge x \wedge y \wedge z) \Rightarrow o$	
P5:	$p \wedge q \wedge r$	**(P1, P2) PP**
P6:	$w \wedge x \wedge y \wedge z$	**(P1, P4) PP**
P7:	$(p \wedge q \wedge r) \Rightarrow (t \vee u \vee v)$	**(P2, P3) SH**
P8:	$(w \wedge x \wedge y \wedge z) \Rightarrow (t \vee u \vee v)$	**(P3, P4) SH**

Regla 2

P1: La desnutrición no es una enfermedad contagiosa.

P2: Si el niño(a) presenta palidez palmar entonces presenta anemia

P3: La dieta deficiente, el peso bajo y la diarrea contribuyen a padecer de desnutrición

P4: La palidez palmar se dá por el déficit de hierro

FORMALIZANDO

p: Desnutrición
q: Enfermedad contagiosa.
r: Palidez palmar
s: Dieta deficiente
t: Peso bajo
u: Diarrea
v: Anemia

FORMALIZANDO

P1: $p \Rightarrow \neg q$

P2: $r \Rightarrow v$

P3: $(s \wedge t \wedge u) \Rightarrow p$

P4: r

P5:	$(s \wedge t \wedge u) \Rightarrow \neg q$	**(P1, P3) SH**
P6:	v	**(P2, P4) PP**
P7:	$r \wedge v$	**(P4, P6) LC**

Regla 3

P1: Todo niño(a) puede padecer de desnutrición.

P2: Si un(a) niño(a) fue sometido a un tratamiento de hidratación y consume una dieta insuficiente puede padecer de desnutrición

P3: Si un(a) niño(a) consume una dieta insuficiente, clasificación L en su CSI, presenta decaimiento y deshidratación entonces padece de desnutrición

P4: Si un(a) niño(a) tiene deshidratación, presenta hipoactividad, signo del pliegue y emaciación entonces padece de desnutrición

FORMALIZACIÓN

p: desnutrición
q: Dieta deficiente
r: Decaimiento
s: Clasificación L en su CSI
t: Hidratación
u: Deshidratación
v: Hipo actividad
w: Signo del pliegue
x: Emaciación

FORMALIZACION

P1: p

P2: $(q \wedge t) \Rightarrow p$

P3: $(q \wedge r \wedge s \wedge v\ u) \Rightarrow p$

P4: $(u \wedge v \wedge w \wedge x) \Rightarrow p$

P5: $(q \wedge t)$ **(P1, P2) PP**

P6: $(q \wedge r \wedge s \wedge v\ u)$ **(P1, P3) PP**

P7: $(u \wedge v \wedge w \wedge x)$ **(P1, P4) PP**

3.7 DISEÑO DE ENTRADAS

El Sistema Experto como entrada tendrá los signos y síntomas y preguntas necesarias para el desarrollo del sistema, para el cual se realizan 25 preguntas cuyas respuestas son SI o NO, también pueden responder con las opciones como ser Alguna Vez, Leve, Extremo otras, las cuales se verán reflejadas en la tabla 3.1, y estas posibles respuestas fueron sacadas en base a las respuestas mas comunes que tienen las personas.

Tabla 3.1 Variables Lingüísticas de Entrada

No	Nombre de los Síntomas y Preguntas de Interés	Variables Lingüísticas
S_1	Nombre	Nombre del(a) niño(a)
S_2	Sexo	Niño / Niña
S_3	Edad	Menor de 5 años, mayor de 5 años
S_4	Clasificación del peso en el CSI	Leve, Moderada y Severa
S_5	Tiene historial clínico familiar de malnutrición	Si , No

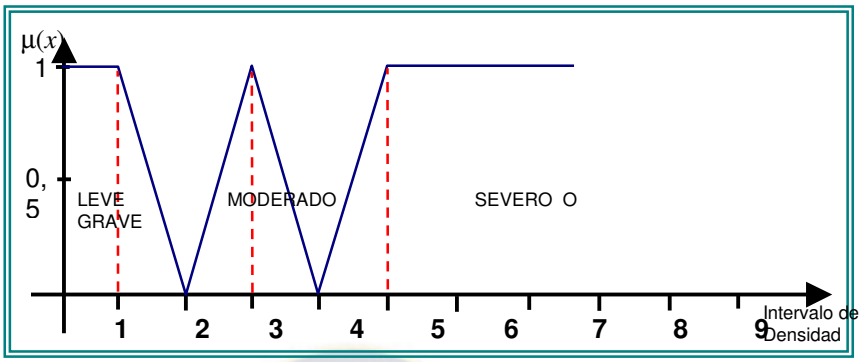
	infantil	
S_6	El(a) niño(a) ha presentado desnutrición en el pasado	Si, No
S_7	El mes anterior notó que su niño pesaba mas que hoy	Si, No
S_8	Que tipo de dieta consume su niño(a)	Insuficiente, deficiente
S_9	Su niño(a) presenta dermatosis (heridas en la piel)	Leve, moderada, severa
S_{10}	Su niño(a) se muestra hipo activo	Si, No
S_{11}	Su niño(a) presenta palidez palmar	Si, No
S_{12}	Su niño(a) muestra decaimiento	Si, No
S_{13}	Su niño(a) presenta deshidratación	Si, No
S_{14}	Su niño(a) presenta signo del pliegue	Si, No
S_{15}	Su niño(a) presenta emaciación	Leve, grave, extremo
S_{16}	Ha notado que su niño(a) enflaqueció	Si, No
S_{17}	Ha notado que su niño(a) no crece	Si, No
S_{18}	Su niño(a) presenta infección ocular	Si, No
S_{19}	Ha notado que el pelo de su niño(a) se cae	Si, No
S_{20}	Su niño(a) presenta infecciones en la piel sin causa aparente	Si, No
S_{21}	Su niño(a) presenta hinchazón de los miembros (edema)	Leve, moderada, Severa

Fuente: Elaboración propia

3.8 FUZZIFICACION DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Transformando las variables lingüísticas de entrada de las funciones de pertenencia adecuada a cada síntoma, de los cuales si la respuesta es Si o No, no necesitan función de pertenencia ya que utiliza la lógica clásica que es igual a verdad o valso, en cambio para las otras respuestas que tienen mas opciones deben estar representadas por una función de pertenencia donde se evaluara las respuestas, y en base a las respuestas se tienen las siguientes funciones:

a) Respuesta a la pregunta**: Clasificación de la desnutrición dentro el CSI**

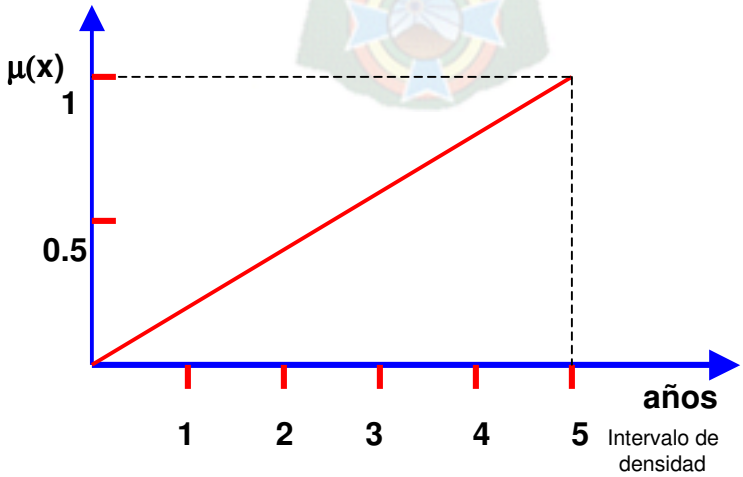


$$\text{Severa}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 3 \\ (4 - X) & \text{si } 3 < X < 4 \\ 0 & \text{si } X \geq 3 \end{cases}$$

$$\text{Moderada}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = 6.5 \\ (X - 4) / 2.5 & \text{si } 4 < X < 6.5 \\ (9 - X) / 2.5 & \text{si } 6.5 < X < 9 \\ 0 & \text{si } X \leq 4 \text{ OR } X \geq 9 \end{cases}$$

$$\text{Leve } (X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 7 \\ (X - 9) & \text{si } 9 < X < 10 \\ 0 & \text{si } X \leq 9 \end{cases}$$

b) Respuesta a la pregunta**: Edad del niño(a)**



$$\text{Dentro el SUMI } (x)=\begin{cases} X/5 & \text{si } 0<x<5 \\ 0 & \text{si } x=0 \end{cases}$$

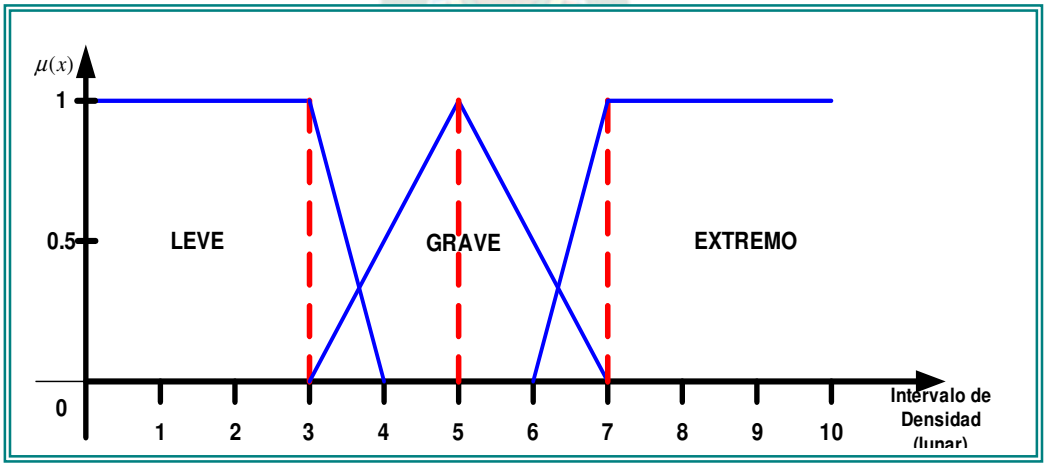
$$\text{Fuera del SUMI } (x)=\begin{cases} 1 & \text{si } x\geq 5 \\ 0 & \text{si } x<5 \end{cases}$$

c) Respuesta a la pregunta**: Tipo de Dieta que consume el niño(a)**

$$\text{Insuficiente}(X)=\begin{cases} 1 & \text{si } X = 3.5 \\ (1 - X)/2.5 & \text{si } 1 < X < 3.5 \\ 0 & \text{si } X = 1 \end{cases}$$

$$\text{Deficiente}(X)=\begin{cases} 1 & \text{si } X = 3.5 \\ (6 - X)/2.5 & \text{si } 3.5 < X < 6 \\ 0 & \text{si } X = 6 \end{cases}$$

d) Respuesta a la pregunta**: Que tipo de emaciación presenta el niño(a)**

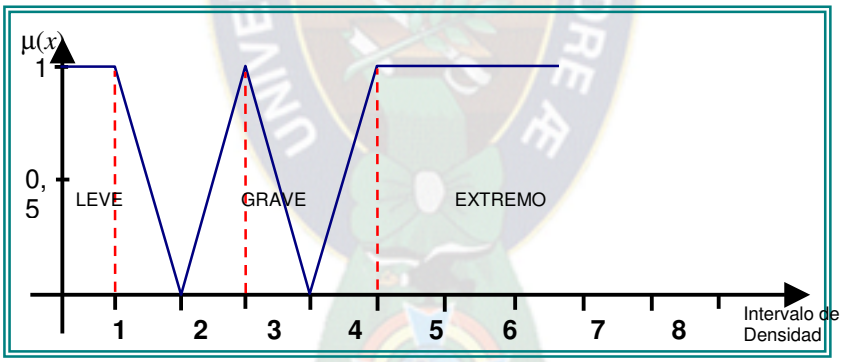


$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 3 \\ (4 - X) & \text{si } 3 < X < 4 \\ 0 & \text{si } X \geq 4 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = 5 \\ (X - 3)/2 & \text{si } 3 < X < 5 \\ (7 - X)/2 & \text{si } 5 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 3 \text{ OR } X \geq 7 \end{cases}$$

$$\text{Severo}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 7 \\ (X - 6) & \text{si } 6 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 6 \end{cases}$$

e) Respuesta a la pregunta**: Cual es la gravedad de la dermatosis que presenta el niño(a)**

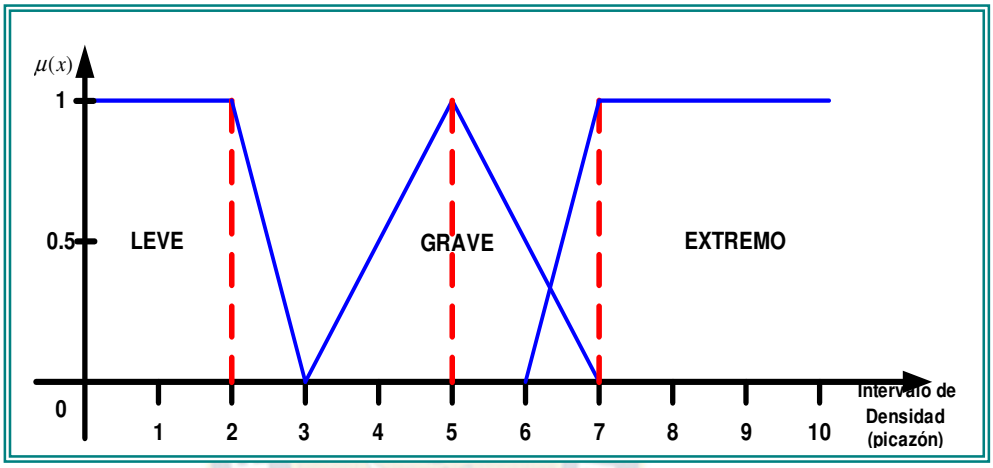


$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 1 \\ (2 - X) & \text{si } 1 < X < 2 \\ 0 & \text{si } X \geq 2 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = 3 \\ (X - 2) & \text{si } 2 < X < 3 \\ (4 - X) & \text{si } 3 < X < 4 \\ 0 & \text{si } X \leq 2 \text{ OR } X \geq 4 \end{cases}$$

$$\text{Extremo}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 5 \\ (X - 4) & \text{si } 4 < X < 5 \\ 0 & \text{si } X \leq 4 \end{cases}$$

f) Respuesta a la pregunta: **Cual es la gravedad del edema que presenta el niño(a)**



$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 2 \\ (3 - X) & \text{si } 2 < X < 3 \\ 0 & \text{si } X \geq 3 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = 5 \\ (X - 3)/2 & \text{si } 3 < X < 5 \\ (7 - X)/2 & \text{si } 5 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 2 \text{ OR } X \geq 7 \end{cases}$$

$$\text{Extremo}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 7 \\ (X - 6) & \text{si } 6 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 6 \end{cases}$$

Las respuestas a las preguntas estarán evaluadas en las anteriores funciones de pertenencia dando como resultado un valor que se encuentre en el intervalo de [0,1], y todos estos resultados formaran parte del vector de entrada.

3.9.- DESFUZZIFICACION DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS

Para explicar más detalladamente, la fuzzificación del los términos que presentan ambigüedad, tomamos como ejemplo el siguiente caso:

El de un niño que según su madre tiene el seguro del SUMI, además presenta la clasificación L en su CSI, la madre indica que el niño que por razones económicas la familia consume una dieta insuficiente, por otro lado también indica que el niño presenta un enflaquecimiento progresivo, muestra heridas en la piel y que presenta sus piernas hinchadas.

Los datos inciertos son: si esta o no dentro el SUMI, Clasificación en su Carnet de Salud Infantil, tipo de dieta, gravedad de la emaciación, tipo de dermatosis y gravedad del edema. Estos datos son trabajados con la lógica difusa.

Tomamos un valor de 9.5 dentro el rango de pertenencia del conjunto difuso, para determinar la clasificación L en el CSI del niño.

a) Clasificación de la desnutrición dentro el Carnet de Salud Infantil

$$\text{Leve } (X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 7 \\ (X - 9) & \text{si } 9 < X < 10 \\ 0 & \text{si } X \leq 9 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Grave}}(9.5) = (9.5 - 9) = 0.50$$

A continuación tomamos un valor de 2.8 para decidir si el niño se encuentra dentro el SUMI.

b) Edad del niño

$$\text{Dentro el SUMI } (x) = \begin{cases} x/5 & \text{si } 0<x<5 \\ 0 & \text{si } x=0 \end{cases}$$

$\mu_{\text{Dentro el SUMI}}(2.8) = (2.8/5) = 0.56$

Tomamos un valor de 2 para determinar la dieta insuficiente que consume el niño.

c) Dieta

$$\text{Insuficiente}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = 3.5 \\ (1 - X)/2.5 & \text{si } 1 < X < 3.5 \\ 0 & \text{si } X = 1 \end{cases}$$

$\mu_{\text{Dieta insuficiente}}(2) = (2 - 1)/2.5 = 0.4$

Ahora tomamos un valor de 6 dentro el rango de pertenencia, para determinar el grado de la emaciación que presenta el niño.

d) Emaciación

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X = 5 \\ (X - 3) / 2 & \text{si } 3 < X < 5 \\ (7 - X) / 2 & \text{si } 5 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 3 \text{ OR } X \geq 7 \end{cases}$$

$\mu_{\text{Emaciación grave}}(6) = (7 - 6)/2 = 1/2 = 0.5$

Tomamos un valor de 1.5 para determinar el grado de la dermatosis, dentro el rango de pertenencia.

e) Dermatosis

$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 1 \\ (2 - X) & \text{si } 1 < X < 2 \\ 0 & \text{si } X \geq 2 \end{cases}$$

$\mu_{\text{Dermatosis leve}}(1.5) = (2 - 1.5) = 0.50$

Finalmente tomamos un valor de 6.5 dentro el rango de pertenencia para determinar el grado del edema que presenta el niño.

f) Edema

$$\text{Extremo(X)} = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 7 \\ (X - 6) & \text{si } 6 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Edema extrema}}(6.5) = (6.5 - 6) = 0.5$$

Para realizar la defuzzificación del conjunto de salida temporal usa el método de Singleton.

$$X = \frac{C_{\text{Clasificación_L}} * \mu_{\text{Clasificación_L}}(x) + C_{\text{Edad}} * \mu_{\text{Edad}}(x) + C_{\text{Dieta}} * \mu_{\text{Dieta}}(x)}{\mu_{\text{Clasificación_L}}(x) + \mu_{\text{Edad}}(x) + \mu_{\text{Dieta}}(x)} +$$

$$\frac{C_{\text{Emaciación}} * \mu_{\text{Emaciación}}(x) + C_{\text{Dermatosis}} * \mu_{\text{Dermataosis}}(x) + C_{\textit{Edema}} * \mu_{\text{Edema}}(x)}{\mu_{\text{Emaciación}}(x) + \mu_{\text{Dermatosis}}(x) + \mu_{\text{Edema}}(x)}$$

$$X = \frac{9.5 * 0.5 + 2.8 * 0.56 + 2 * 0.4 + 6 * 0.5 + 1.5 * 0.5 + 6.5 * 0.5}{0.50 + 0.56 + 0.4 + 0.5 + 0.5 + 0.5}$$

$$X = \frac{1.5 * 0.50 + 3.5 * 0.50 + 51 * 0.20 + 6.5 * 0.50 + 2.5 * 0.25}{0.50 + 0.50 + 0.20 + 0.50 + 0.25}$$

$$X = 8.82 \cong 9$$

Por lo tanto podemos concluir que el Factor de riesgo de la Desnutrición es de 9, que diagnóstica Desnutrición Grave lo cual corrobora con el diagnóstico del medico.

3.10 DESCRIPCION DEL PROTOTIPO

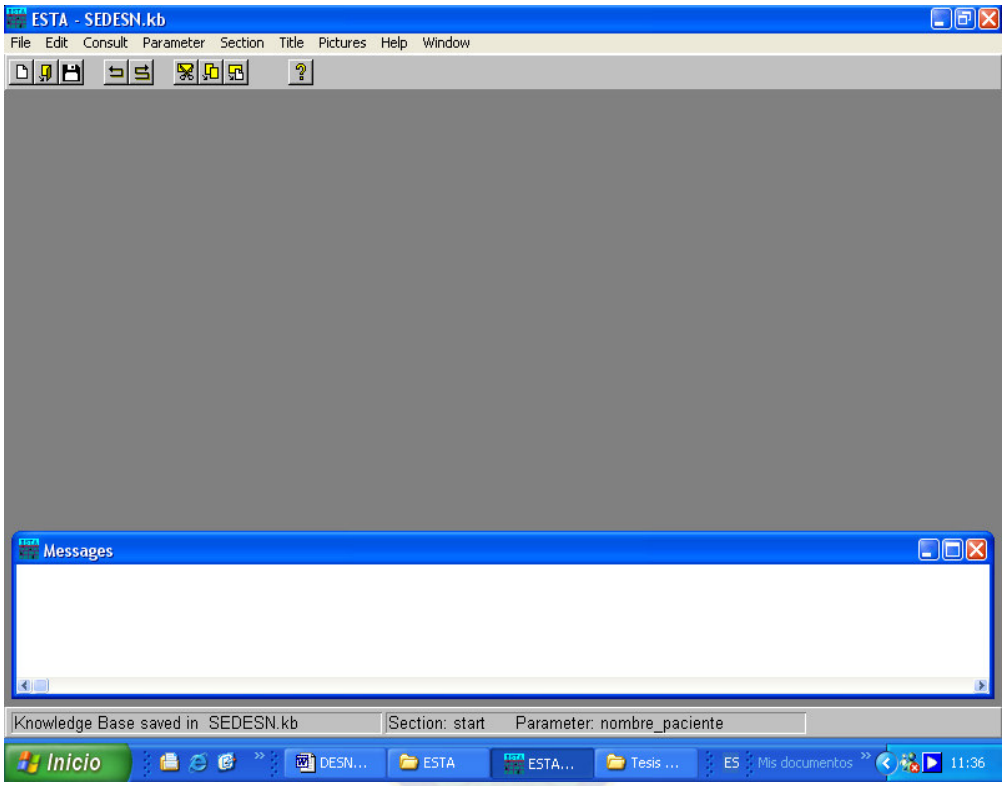
El prototipo del sistema experto para medir el factor de riesgo de la desnutrición, fue desarrollado en el programa shell ESTA, que fue realizado bajo el software Visual Prolog.

Básicamente esta conformada por dos componentes, secciones y parámetros que

trabajan conjuntamente.

En las secciones se van definiendo las reglas y los parámetros nos permiten realizar consultas al sistema experto, además que tienen un componente explicativo, donde se deduce el porque de cada pregunta Fig. 3.1 muestra el entorno de **SEDESN**.

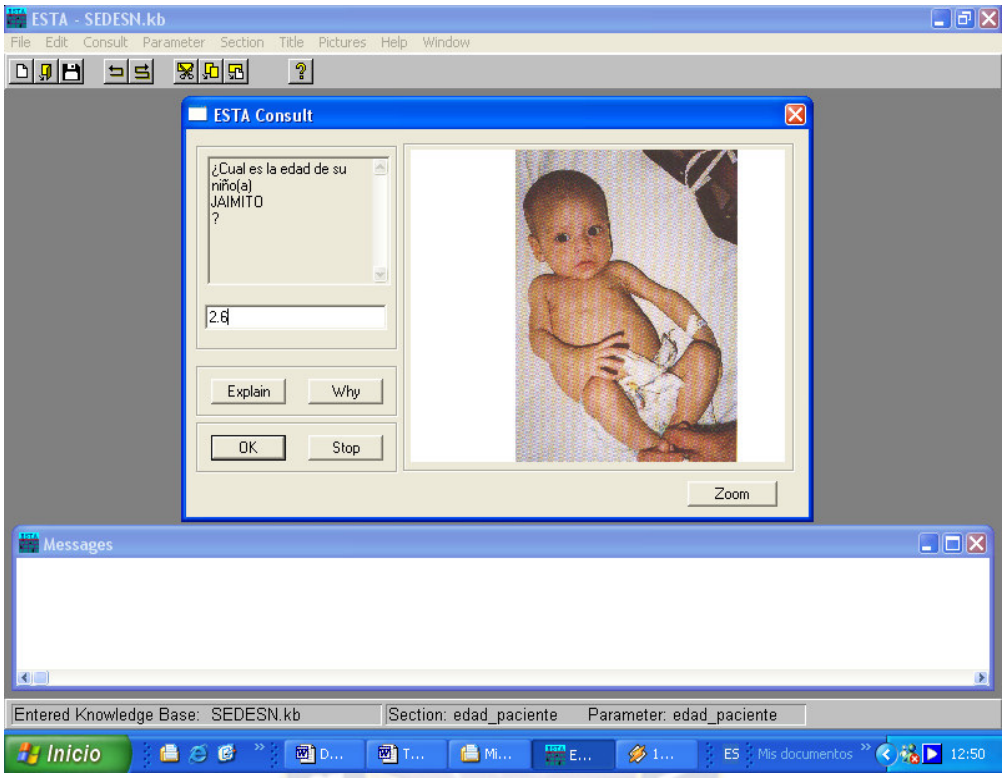
Figura 3.6 *Entorno* ***SEDESN***



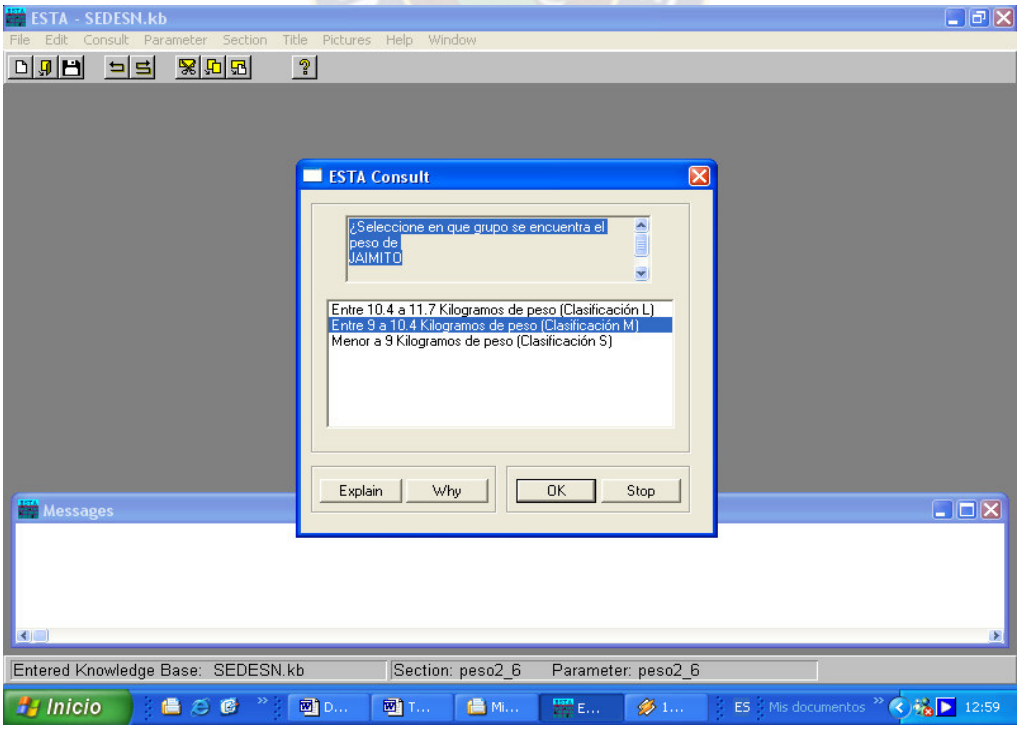
3.10.1 PRESENTACION DE SALIDAS DEL PROTOTIPO

Una vez programado el sistema experto, se muestra las salidas de la ejecución del programa, se capturo las imágenes en pleno proceso, mostrando la entrada de datos al sistema, la secuencia de preguntas que el sistema experto realiza y los resultados finales que entrega el sistema experto, la Fig. 3.8 muestra la ejecución del programa. Las pantallas siguientes muestran algunas interrogantes que realiza el Consultorio Virtual de desnutrición **SEDESN,** para finalmente proporcionar el diagnóstico correspondiente.

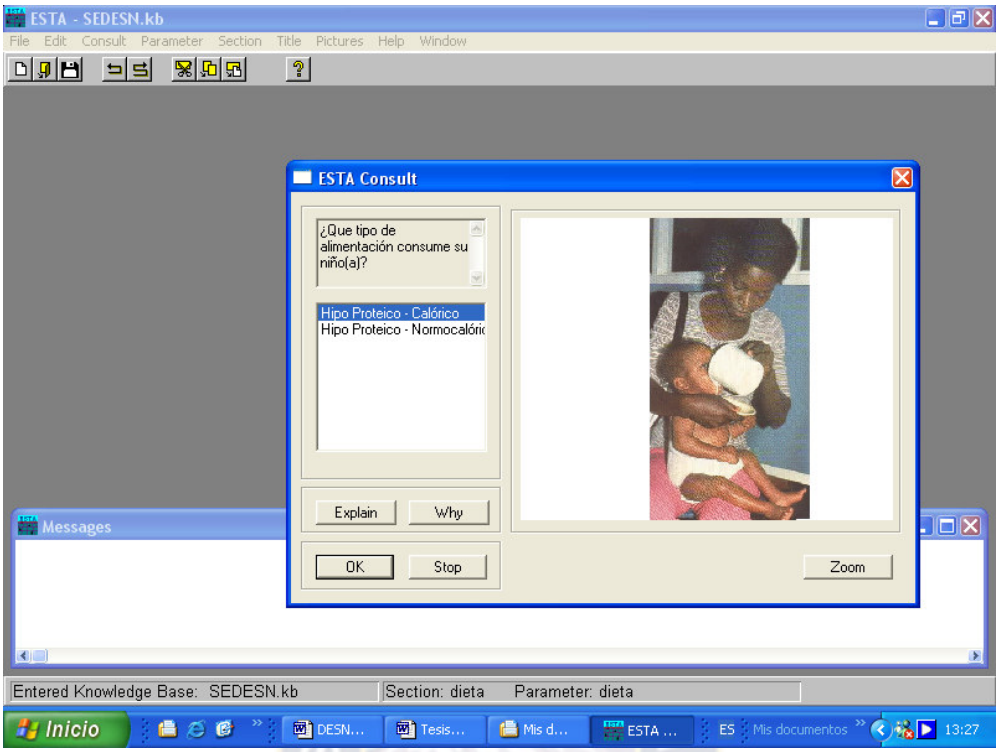
Pregunta **cual es el nombre de su niño(a)**



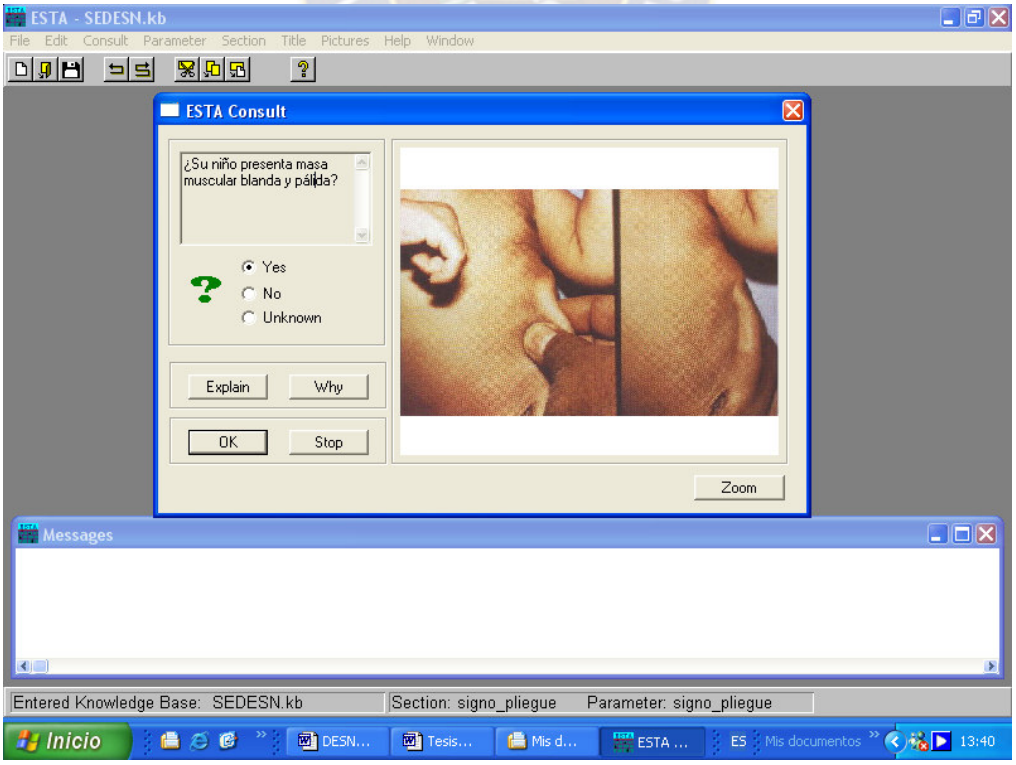
Pregunta ***Seleccione en que grupo se encuentra el peso de su niño(a)***



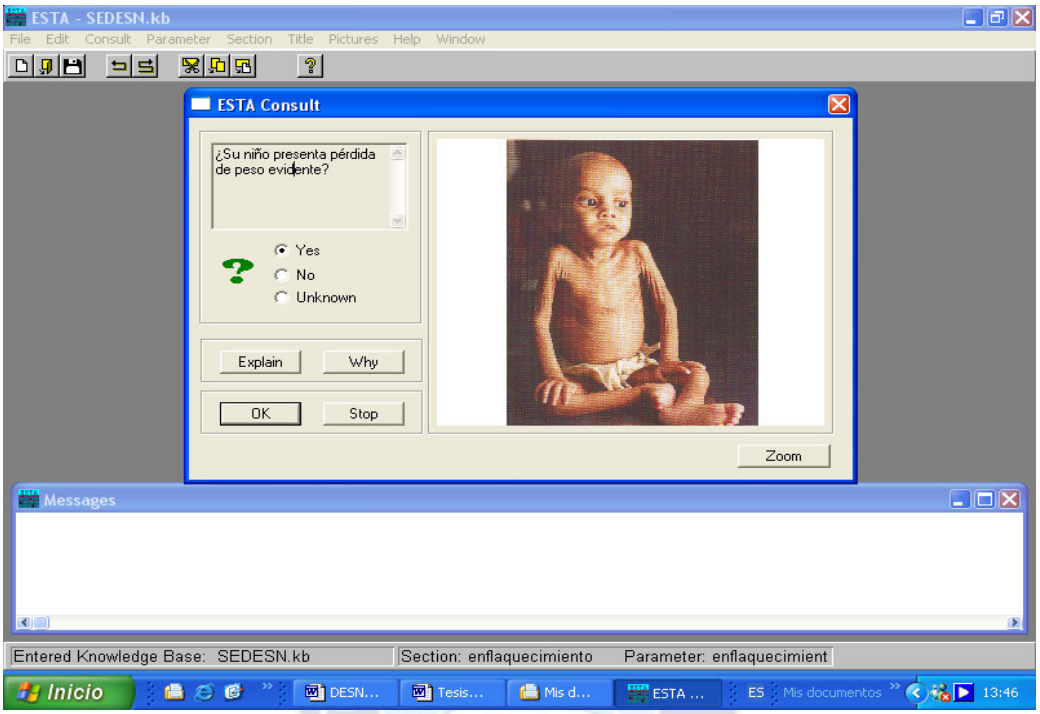
Pregunta ***que tipo de alimentación consume su niño(a)***



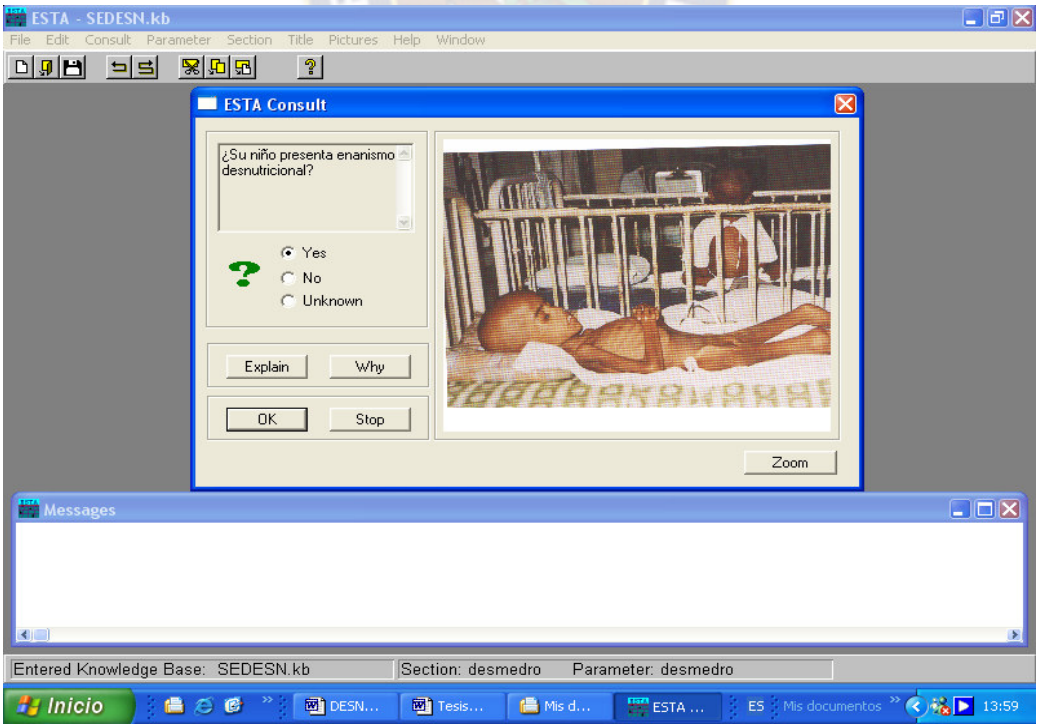
Pregunta ***su niño presenta masa muscular blanda y pálida***



Pregunta ***su niño presenta pérdida de peso evidente***

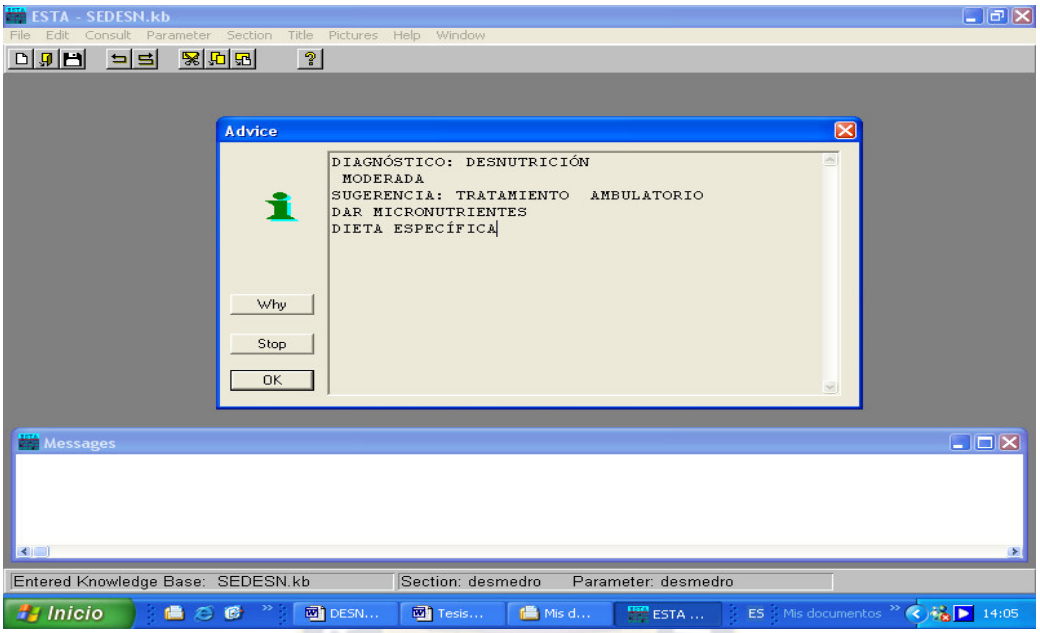


Pregunta ***Su niño presenta enanismo desnutricional o desmedro***



La Figura siguiente muestra el resultado final después de haber formulado las preguntas de acuerdo a los signos y síntomas que presenta el paciente, como conclusión se llegó al **Diagnóstico de Desnutrición Moderada**

Diagnóstico final



Por lo tanto la base de conocimientos de SEDESN nos muestra que la relación paciente y Sistema Experto funciona como se esperaba.

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- EVALUACION DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES

Recordemos que el presente trabajo de desnutrición ha sido planteado mediante la hipótesis:

Hi: "*El S.E. para el diagnóstico de la desnutrición en niños dentro el SUMI, utilizando la lógica difusa proporciona un diagnóstico eficaz y confiable*"

A partir de donde se ha modificado tanto la variable independiente "Sistema experto para el diagnostico de la desnutrición de niños", y las variables dependientes "factor de riego de la desnutrición".

Considerando que las variables dependientes están compuestas por el factor de riesgo, entonces recurriremos a un proceso experimental, donde se tiene un porcentaje aproximado de diagnóstico.

4.1.1.- DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN

La población que se ha estudiado en el Centro de Salud Chamoco Chico, concretamente corresponden a los niños y niñas que son traídos generalmente por sus madres mensualmente para su control de crecimiento y desarrollo, durante el mes

de abril y mayo del presente año acudieron al servicio de enfermería 458 niños(as), de esta población se obtienen datos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Estado Nutricional (abril - mayo)

PACIENTE	ESTADO NUTRICIONAL NORMAL	DESNUTRICIÓN LEVE	DESNUTRICIÓN MODERADA	DESNUTRICIÓN SEVERA
Niños	79	89	46	4
Niñas	71	109	54	6
TOTAL	150	198	100	10

Fuente: Centro de Salud Materno Infantil Chamoco Chico

4.1.2.- DETERMINACION DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Basándonos en la teoría de probabilidades, y de acuerdo a la población que se tiene, la muestra la determinamos de la siguiente manera

De las muestras seleccionadas solo se tomaron los casos donde se detectaron desnutrición leve, moderada y grave o severa.

Para poder evaluar el prototipo realizado y sus resultados se tomara una muestra de 10 personas, las cuales responderán las preguntas del prototipo y el emitirá el diagnóstico correspondiente.

Tabla 4.2 Comparación del Nutricionista con el Sistema Experto

Nro.	Diagnóstico del Profesional Nutricionista	Diagnóstico inferido por Sistema Experto
1.	**M.C.** Madre refiere que su niña carece de apetito, hace tres semanas se la nota decaída, además de evacuaciones líquidas constantes. **E.F.** Niña de tres años presenta peso con clasificación L , se observa deshidratación con signo de pliegue, emaciación evidente. **Dx:** Desnutrición Moderada	Presenta edad tres años, peso con clasificación L, decaimiento, deshidratación moderada, signo de pliegue, evidente enflaquecimiento con emaciación y desmedro. Dx: Desnutrición Moderada
2.	**M.C.** Familiar refiere que por aspectos económicos no se alimentan adecuadamente, su niña de 2.4 años desde hace dos meses tiene poco apetito semanas. se la nota decaída. **E.F.** Niña presenta anemia leve, se la observa hipo activa además de presentar anemia leve. **Dx:** Desnutrición Moderada	Presenta edad de 2.4 años, peso con clasificación L, dieta hipo proteico – calórico , hipo actividad y palidez palmar. **Dx:** Desnutrición Moderada

3.	**M.C**. Tía refiere que su sobrino de 2 años desde hace un tres meses atrás presenta decaimiento, palidez en todo su cuerpo, secreción por los ojos, el cabello se le cae y los pies los tiene hinchados. **E.F.** Niño presenta decaimiento, deshidratación considerable, emaciación, infección ocular, edema en ambos pies. **Dx:** Desnutrición severa	Presenta 2 años d edad, peso con clasificación S, dieta hipo proteica normocalórica, decaimiento, deshidratación, signo de pliegue, emaciación grave, infección ocular, alopecia, dermatosis moderada y edema en ambos pies. **Dx:** Desnutrición grave o severa.
4.	**M.C.** Sergio es traido por su padre debido a que el niño no se alimenta adecuadamente por falta de apetito y solo desea dormir **E.F.** Niño de 1.8 años presenta Clasificación L en su CSI,padre refiere que no tiene recursos para una buena alimentació, presenta palidez palmar y se encuentra hipo activo. **Dx.** desnutrición leve	Presenta 1.8 años, clasificaciòn L en su CSI, consume una dieta baja en calorías y proteinas, hipoactividad o actitud pasiva, además de deficiencia de hierro. **Dx:** Desnutrición leve
5.	**M.C.** Madre refiere que su niña consecutivamente presentó L en sus controles de crecimiento y desarrollo, y la última semana se la notó decaída y mas delgada. **E.F.** La niña de tres años de edad presenta Clasificación M en su CSI, deshidratación moderada, signo de pliegue presente, pérdida de peso evidente con emaciación leve y desmedro. **Dx.** Desnutrición moderada	Niña de tres años presenta clasificación M en su CSI, dieta baja en proteínas, decaimiento, deshidratación, signo de pliegue presente, pérdida de masa corporal evidente con emaciación leve y desmedro. **Dx.** Desnutrición Moderada.
6.	**M.C.** Padre refiere que uno de sus niños enflaqueció repentinamente a raíz de evacuaciones líquidas constantes y no se le proporcionó la atención adecuada debido a que la madre falleció hace 2 años. **E.F.** Niño de 2.6 años presenta M en su CSI, tiene una alimentación deficiente desde hace dos años por lo que su peso disminuyó gradualmente, hace una semana presenta deshidratación severa, signo de pliegue presente, emaciación grave, presenta apariencia de piel y huesos infección ocular, alopecia y edema en miembros superiores. **Dx:** Desnutrición severa o grave.	Jaimito presenta edad 2.6 años, clasificación M en su CSI, dieta hipoproteica, decaimiento, deshidratación, signo de pliegue presente, emaciación grave, consumo de tejido adiposo, deficiencia de Vitamina A, cabello desvitalizado, descamación de la piel y edema en ambos miembros. **Dx:** Desnutrición Severa o grave

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados obtenidos anteriormente, permite comparar los diagnósticos realizados por el Experto (Nutricionista), como la realizada por nuestro sistema experto, esta comparación la realizaremos utilizando el Índice de Precisión haciendo de nuestra operacionalización de variables.

Tomaremos en cuenta la cantidad de consultas realizadas en un mes por el Nutricionista de todas las consultas realizadas, para así poder obtener el grado **IP** para el Nutricionista y nuestro sistema experto, entonces tendremos los siguientes índices:

Indice de precisión del Profesional Nutricionista (IPN)

$IPN = \frac{NP}{NC} * 100$ Entonces se tendrá $IPN = \frac{7}{10} * 100 = 70\%$

Indice de precisión del Sistema Experto (IPS)

$IPS = \frac{NP}{NC} * 100$ Entonces se tendrá $IPS = \frac{6}{10} * 100 = 60\%$

Comparando los dos resultados, tanto del sistema experto, como del experto (nutricionista) vemos que en un determinado tiempo, el sistema experto se aproxima al experto por lo cual podemos deducir que el sistema experto cumple con lo propuesto en nuestro trabajo, realizando una consulta lo mas satisfactorio posible para un paciente.

Tabla 4.3 Cantidad de pacientes atendidos en un determinado tiempo

	Paciente1	Paciente2	Paciente3	Paciente4	Paciente5	Paciente6
Nutricionista	20 min.	15 min.	30 min.	40 min.	45 min.	40 min.
S. Experto	10 min.	15 min.	25 min.	30 min.	20 min.	35 min.

Fuente: Elaboración Propia

Ahora veremos el comportamiento del tiempo de consulta que realiza un paciente cuando es atendido por un Profesional Nutricionista y por el prototipo, para este fin se utiliza la función exponencial ya mencionada en el capitulo 1, en la descripción de variables.

- **Caso1,** cuando el experto (nutricionista) atiende: Sea el tiempo en horas de que un paciente $\mathbf{P_i}$, sea atendido por un Nutricionista $\mathbf{D_i}$, supóngase que el tiempo que necesita un Nutricionista $\mathbf{D_1}$**,** para atender a un paciente tiene una ***distribución exponencial*** con una media de 40 minutos, entonces podemos calcular los siguientes sucesos: ¿Cuál seria la probabilidad que el tiempo necesario para atender a un paciente dado, que sea mayor a 2 horas?, ¿Cuál seria la probabilidad que el tiempo necesario para atender a un paciente dado, que sea mayor a 1 hora o menor 2 horas?.

  Sea la función exponencial:

$$\text{Sea } F(x)= \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{e o c} \end{cases}$$

Sea X (horas de atención) la variable aleatoria definida por:

X(w) = intervalo de tiempo necesario para atender a un paciente: $\mu = \frac{1}{\lambda}$

Sea 40 minutos convertimos en horas tendremos $\frac{40}{60} = \frac{2}{3} horas$

Tendremos $\lambda = \frac{3}{2} hrs.$

Por lo tanto, la función de distribución es:

Sea $F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{3}{2}x} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$

Luego la $P[X > 3] = 1 - P[X \leq 3] = 1 - [1 - e^{-1.5*2}] = e^{-3} = 0.050$ ***(solución 1)***

Aplicando para el otro caso se tendrá que,

$$P[1 < X < 2] = F(2) - F(1) = 1 - 1 - e^{-\frac{3}{2}*2} - \left[1 - 1 - e^{-\frac{3}{2}*1}\right] = e^{-\frac{3}{2}} - e^{-3} = 0.223 - 0.050 = 0.011$$

- **Caso 2**, cuando el sistema experto atiende a una persona: Sea el tiempo medio en horas de que un paciente **P_i,** para atender a un paciente tiene una ***distribución exponencial*** con una media de 40 minutos, entonces podemos calcular lo siguiente; ¿Cuál seria la probabilidad que el tiempo necesario para atender a un paciente dado, que sea menor a 2 horas?

  Sea **X** (horas de atención) la variable aleatoria definida por:

  X(w) = intervalo de tiempo necesario para atender a un paciente: $\mu = \frac{1}{\lambda}$

  Sea 40 minutos convertimos en horas tendremos $\frac{40}{60} = \frac{2}{3} horas$

  Tendremos $\lambda = \frac{3}{2} hrs.$

  Por lo tanto, la función de distribución es:

  Sea $F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{3}{2}x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$

la $P[X<2]=\left[1-e^{-\frac{3}{2}2}\right]=\left[1-e^{-3}\right]=1-0.050=0.95$ ***(solución 3)***

Podemos decir que el prototipo tiene mayor posibilidad de atender a un paciente en un menor tiempo posible, y no así el experto humano que tiene una menor probabilidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

Al concluir le presente trabajo se logro alcanzar el objetivo general planteado en el capitulo I, mediante la construcción de un sistema experto que puede diagnosticar el grado de riesgo de Desnutrición, y de esta manera ayude en la prevención y tratamiento adecuado.

Una de las herramientas que nos permite manejar de manera adecuada el lenguaje natural y ambiguo utilizado tanto por el medico como el paciente, es la lógica difusa, que nos permite evaluar los síntomas difusos que el paciente presenta y proporciona un determinado grado de certeza.

Se diseño la base de conocimiento, que abarca un 60% del conocimiento y experiencia del experto, esto hace que el sistema sea confiable. La base de conocimiento esta construida en base a reglas, se trata de representar el conocimiento mediante reglas de producción, puesto que ofrecen una gran facilidad parar la creación y la modificación de la base de conocimiento.

El prototipo del sistema experto se desarrollo en el programa ESTA, que fue realizado bajo el software Visual Prolog.

Mencionar también que de cada 10 pacientes, 6 son correctos, lo cual indica que el sistema experto cáncer de piel, será de gran ayuda para personas que tengan poca experiencia en el área de Nutrición.

La construcción del motor de inferencia se la realizo basándose en la inferencia bajo las reglas de producción y lógica difusa, esta herramienta llego hacer eficiente para realizar un inferencia sin ningún tipo de error.

El sistema experto propuesto, cumplió con las expectativas esperadas cumpliendo en un 80 % su trabajo de realizar un diagnostico para realizar la grado de riesgo de Desnutrición.

5.2.- RECOMENDACIONES

La desnutrición es un problema bastante complejo, debido a que son diversas las causas que nos puedan llevar hasta la muerte de un niño en nuestro caso.

- Realizar o implementar el sistema experto de tal forma que pueda hacer un diagnóstico de cualquier tipo o grado de desnutrición.
- Implementar la base de conocimiento de tal forma, que se pueda incrementar nuevos conocimientos, al sistema experto.
- Por el proceso realizado en la recolección de la información para el desarrollo del Sistema experto se puede notar que seria interesante que el Experto Humano sea quien desarrolle un Sistema Experto, el cual permita perdurar sus conocimientos en el tiempo ya que el humano tiene el conocimiento, experiencia y casos a pacientes tratados.

BIBLIOGRAFÍA

- CUIDADO NUTRICIONAL PEDIÁTRICO
  Maria Elena Torresani
  Edición EUDEBA 2004

- PROTOCOLOS DE ATENCIÓN DEL SUMI
  Ministerio de Salud y Deportes 2002

- ATENCIÓN INTEGRAL AL NOÑO(A) MENOR DE CINCO AÑOS
  Servicio Departamental de La Paz (SEDESLP) 2004

- CONTROL DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO
  Cuaderno Nº 4 Centro de Salud Materno Infantil "Chamoco Chico"

- PEDIATRÍA
  Julio Meneghello R.
  Enrique Fanta N.
  Jorge Rosselot V.
  Publicaciones tecnicas Mediterraneo
  Cuarta Edición 1999

- PRINCIPIOS DE LA ATENCION
  Curso de capacitación sobre el tratamiento de la malnutrición
  Organización Mundial de la Salud, Departamento de nutrición para la salud y el desarrollo, 2005

- FOTOGRAFIAS
  Curso de capacitación sobre el tratamiento de la malnutrición
  Organización Mundial de la Salud, Departamento de nutrición para la salud y el desarrollo, 2005

- INTRODUCTION AND OVERVIEW OF MALNOURISHED CHILDREN IN THE UNITED STATES.
  Karp RJ.
  ed. Malnourished children in the United States: caught in the cycle of poverty. New York: Springer, 1993.

- AMINO ACID MATABOLISM IN MAN.
  Felig PH
  Ann Rev Biochem 1995;44:933-955

- METABOLISM OF BRANCHED CHAIN AMINO ACID IN ALTERED NUTRITION.
  Adibi S.A.
  Metabolism 1976;25:1287-1302.

- SISTEMAS EXPERTOS BASADO EN REGLAS
  José Manuel Gutierrez, 2005

SITIOS WEB

www.http://strix.ciens.ucv.ve/-iartificMaterial/PP_Sistemas_Expertos.pdf

http://www.cienciasmisticas.con .ar/electronica.teoria/fuzzy/index.Php

http://personales.ya.com/casanchi/mat/difusa01.htm

http://personales.unican.es/gutierjm/cursos/expertos/Reglas.pdf

http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html

http://delta.cs.cinvesrav.mx/-gmorales/ldifll.pdf

http://www.who.int/nut/publications

http://www.sedeslp.org.bo/ccyd.pdf

http://www.minsald.org.bo/sumibo.pdf

NUTRICIÓN

La alimentación es el factor más importante en la determinación del crecimiento del niño. De acuerdo a las características de cada grupo etáreo.

"La nutrición es la ciencia que interpreta las relaciones del alimento con el funcionamiento de los seres vivos, es decir estudia los alimentos y los mecanismos por los cuales los materiales de la dieta son utilizados por los organismos. Esto incluye el consumo de los alimentos, la liberación de la energía, la eliminación de desechos y todas las síntesis son necesarias para el mantenimiento, crecimiento y reproducción" [MUÑOZ 1999].

NUTRIENTES

"Los nutrientes pueden ser definidos, como los componentes básicos de los alimentos, tales como proteínas, grasas, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua, que son útiles para el organismo que lo consume. Normalmente, un conjunto de nutrientes conforma un grupo de alimentos y a la vez un conjunto de alimentos conforma la dieta".[MUÑOZ 1999].

LECHE MATERNA

La mejor alternativa desde el punto de vista nutricional, inmunológico y de desarrollo sicosocial armónico es la lactancia natural. Como sustancia biológica la leche materna puede considerarse un complejo conjunto de células, nutrientes y sustancias químicas que permiten al ser humano lograr una optima nutrición en los primeros 4 a 6 meses de vida.

FORMULAS LACTEAS

Es toda preparación culinaria a través de la cual el niño ingiere leche. Las alternativas van desde preparaciones caseras a base de leche fluida o en polvo sin modificar, hasta formulas comerciales patentadas, que habitualmente vienen en polvo y solo es necesario diluir adecuadamente en agua hervida tibia. En las formulas caseras es preciso diluir leche, sacarosa, maltosa dextrina u otro polisacárido en proporciones variables hasta completar el volumen calculado agregando agua tibia.

La leche fluida o leche fresca, puede ser la única alternativa en el área rural o donde existan programas de alimentación complementaria; si recordamos su

composición química, la menor concentracion calorica y el mayor contenido proteico, a base de caseina, surgen como necesarios: la dilución en agua para disminuir la carga proteica, que es conveniente practicar en el menor de tres y sobre todo en el recién nacido en proporcion1/2 (mitad agua hervida, mitad leche) o 2/3 (una parte de agua hervida y dos partes de leche); la adición de hidratos de carbono (sacarosa al 5%) a fin de aumentar el aporte de energía y la ebullición a fin de esterilizarla. [Meneghello 1999]

Tabla Composición de la lecha materna y la leche de vaca.

Composición por 100 Ml.	Leche materna	Leche de vaca
Agua (ml)	87.1	87.2
Energía (kcal)	69	66
Sólidos totales (g)	12.9	12.8
Proteínas (g)	0.9	3.5
Caseína	0.4	2.7
Lactalbumina	o.4	0.4
Lacto globulina	0.2	0.2
Lípidos (g)	4.5	3.7
Lactosa (g)	6.8	4.9
Proteínas(% del total de proteínas)		
Caseína	40	82
Proteínas del suero	60	18
Nitrógeno no proteico (Mg)	32	32
% de nitrógeno total	15	6
Lípidos (%total de lípidos)		
C 18:1	36	28.5
C 18:0	7	13
C 18:2	7	1
Composición por litro de los		
principales minerales		
Calcio (Mg)	340	1.170
Fósforo (Mg)	140	920
Sodio (mEq)	7	22
Potasio (mEq)	13	35
Cloro (mEq)	11	29
Magnesio (mEq)	40	120
Azufre (mg)	140	300
Elementos traza		
Hierro (mg)	0.5	0.5
Yodo (ug)	30	47(10-200)
Zinc (Mg)	3-5	3-5
Manganeso (ug)	7-15	20-40
Vitaminas		
Vitamina A (Ul)	1.898	1.025,5
Vitamina C (Mg)	43	11
Vitamina D (Ul)	22	14

Vitamina E (Mg)	1.8	0.4
Vitamina K (Mg)	15	60

Fuente: Meneguello Pediatría [1999]

REHABILITACION NUTRICIONAL

La última etapa del tratamiento usualmente comienza dos o tres semanas después de la admisión, cuando el niño no esta en serias complicaciones, come satisfactoriamente y gana peso. esto puede comenzar en el hospital y continuar preferiblemente en centros de rehabilitación nutricional o centros similares que dan cuidados de día.

Los pacientes pueden continuar comiendo adecuadas cantidades de proteínas, energía y otros nutrientes especialmente cuando los alimentos tradicionales son introducidos en la dieta.[Maria Elena Torresani 2002]

UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANDREÆ