

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



**TESIS DE GRADO**

**SISTEMA EXPERTO PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN  
DE LA OBESIDAD INFANTIL EN NIÑOS DE 5 A 8 AÑOS  
BASADO EN REDES NEURONALES**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA  
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

**POSTULANTE : DENISE JESSICA SARAVIA SAICO**

**TUTOR METODOLÓGICO : M.SC. ALDO VALDEZ ALVARADO**

**ASESOR : M.SC. CARLOS MULLISACA CHOQUE**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2016**



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



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

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

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

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

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

## DEDICATORIA

*A Dios.*

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por haberme dado paciencia y además de su infinita bondad y amor.*

*A mis queridos padres.*

*A mi madre Victoria Saico y a mi padre Félix Saravía quienes a lo largo de la vida siempre estuvieron y están a mi lado, en las buenas y en las malas siempre motivándome a seguir adelante y enseñándome a ser perseverante y nunca rendirme, gracias papitos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, este logro va para ustedes.*

**Denise Jessica.**

## *AGRADECIMIENTOS*

*Mi más sincero agradecimiento a Dios por darme salud y estar a mi lado, en las buenas y malas a lo largo de mi vida, siempre encomendándome a tí señor.*

*A mis padres Victoria Saico y Félix Saravia por brindarme su apoyo incondicional en mis estudios y enseñarme a ser perseverante y no rendirme jamás.*

*Agradecer a mi Tutor Metodológico M.Sc. Aldo Ramiro Valdéz Alvarado por haberme brindado su colaboración, tiempo y paciencia para la elaboración de esta investigación.*

*Agradecer al M.Sc. Carlos Mullisaca Choque por haber aceptado ser mi Asesor, también por su tiempo, recomendaciones y consejos brindados para realizar el presente trabajo.*

*A mis amigos y amigas, tantos años en la universidad sufriendo en las aulas, desvelándonos por las noches, festejando los triunfos y lamentándonos las derrotas, día a día chicos que sería de mí sin ustedes que siempre estuvieron a mi lado, en las buenas y en las malas siempre colaborándome y motivándome a seguir adelante. Chicos les agradezco de corazón a todos por ser parte de este logro en mi vida.*

## RESUMEN

En la actualidad la rápida evolución de la tecnología, atraído consigo grandes avances nobles en los campos de investigación, así también se observara los avances para mejorar la calidad de la salud de los seres humanos.

Los sistemas expertos pertenece a una área de la inteligencia artificial, el cual imita el comportamiento de experto humano en la solución de un problema en un campo partícula en este caso es el campo de la medicina específicamente el diagnostico a través de sistemas y programas informáticos capaces de realizar tareas complejas, como simulara el pensamiento del cerebro humano.

El presente tesis plantea y diseña un modelo de sistema experto que permita realizar el control y prevención de la Obesidad Infantil, tomando en cuenta los hábitos alimenticios como variables de entrada, una base de conocimiento, que luego pasa a inferir para dar un control, se considera como objeto de estudio la Obesidad Infantil, esta enfermedad tiene diferentes causas ya sean por mala alimentación, malos hábitos alimenticios, hereditarias y otros; esta enfermedad pude llegar a tener consecuencias al transcurrir el tiempo, si la tratas a tiempo se la puede controlar y evitar, para que así el paciente pueda llevar una vida mejor..

Para representar el conocimiento del experto humano se usaron herramientas como las redes neuronales (perceptrón) o a una base de conocimiento y reglas que permiten determinar el control y prevención para los diferentes síntomas que presenta la enfermedad.

## ABSTRACT

In today's rapidly changing technology, the great noble advances in the fields of research, so progress was observed to improve the quality of health of human beings.

Expert systems belong to an area of artificial intelligence, which mimics the behavior of a human expert in solving a problem in a particular field in this case in the field of medicine specifically through diagnosis and software systems capable to perform complex tasks like simulating the human brain thinking.

This thesis presents a model and design expert system that allows for the control and prevention of the Infantile Obesity, considering it counts the nutritive habits as input variables, a knowledge base, which then passes inferred to give a control is considered as an object of study. Infantile Obesity disease is inherited, this illness has different causes be already for bad feeding bad nutritive habits, hereditary and others; this illness I could far as to have consequences on having passed the time, if you treat it on time it is possible to control it and to avoid, so that this way the patient could take a better life.

To represent the knowledge of the human expert tools like neuronal networks (perceptron) or a knowledge base and rules for determining the diagnosis and treatment for different symptoms to the disease were used.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1. PROBLEMA CENTRAL.....	6
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS .....	6
1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS .....	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
1.5. HIPÓTESIS.....	8
1.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	8
1.6. JUSTIFICACIÓN .....	8
1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....	8
1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	9
1.6.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA .....	9
1.7. ALCANCES Y LÍMITES .....	9
1.7.1. ALCANCES.....	9
1.7.2. LÍMITES.....	10
1.8. APORTES .....	10
1.8.1. PRÁCTICO .....	10
1.8.2. TEÓRICO .....	11
1.9. METODOLOGÍA .....	11
1.9.1. EL PERCEPTRÓN .....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	14
2.2. SISTEMAS EXPERTOS .....	16
2.2.1. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS.....	18
2.2.1.1. TIPO DE ACUERDO A SU NATURALEZA.....	18
2.2.1.2. TIPO DE ACUERDO A LA FUNCION QUE REALIZA .....	19
2.2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO .....	20

2.2.2.1. LA COMPONENTE HUMANA .....	20
2.2.2.2. BASE DE CONOCIMIENTO (BC).....	20
2.2.2.3. CONTROL DE LA COHERENCIA.....	21
2.2.2.4. EL MOTOR DE INFERENCIA (MI) .....	21
2.2.2.5. SUBSISTEMA DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO .....	21
2.2.2.6. INTERFACE DE USUARIO.....	21
2.2.2.7. EL SUBSISTEMA DE EJECUCIÓN DE ÓRDENES .....	22
2.2.2.8. EL SUBSISTEMA DE EXPLICACIÓN .....	22
2.2.2.9. EL SUBSISTEMA DE APRENDIZAJE .....	22
2.2.3. DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO .....	23
2.3. METODOLOGÍA BUCHANAN.....	24
2.3.1.FASE 1: IDENTIFICACIÓN.....	25
2.3.2.FASE 2: CONCEPTUALIZACIÓN .....	25
2.3.3.FASE 3: FORMALIZACIÓN .....	25
2.3.4.FASE 4: IMPLEMENTACIÓN .....	26
2.3.5.FASE 5: PRUEBA .....	26
2.4. REDES NEURONALES.....	28
2.4.1 DEFINICIÓN DE UNA RED NEURONAL .....	28
2.4.2 MODELO BIOLÓGICO Y ARTIFICIAL DE UNA RED NEURONAL .....	29
2.4.2.1. MODELO BIOLÓGICO DE REDES NEURONALES .....	29
2.4.2.2. MODELO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES .....	30
2.4.3 TIPOS DE ARQUITECTURA DE LAS REDES NEURONALES .....	32
2.4.3.1. RED MONOCAPA .....	32
2.4.3.2. RED MULTICAPA.....	33
2.4.3.3. RED RECURRENTE.....	33
2.4.4. PERCEPTRÓN .....	34
2.4.4.1. ARQUITECTURA DEL PERCEPTRÓN.....	34
2.4.4.2. CONTROL MEDICO UTILIZANDO REDES NEURONALES .....	35
2.4.5. DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y LA REDES NEURONALES .....	36
2.5. OBESIDAD INFANTIL .....	37



2.5.1. CAUSAS DE LA OBESIDAD INFANTIL .....	39
2.5.1.1. COMIDAS ATRACTIVAS PARA LOS NIÑOS .....	39
2.5.1.2. SEDENTARISMO Y OBESIDAD INFANTIL.....	40
2.5.1.3. FALTA DE ACTIVIDAD FÍSICA EN LOS NIÑOS .....	41
2.5.4. PREVENCIÓN DE LA OBESIDAD INFANTIL .....	42
2.5.4.1. EL HÁBITO DE ALIMENTARSE BIEN DESDE LA INFANCIA .....	42
2.5.4.1.1. HÁBITOS ALIMENTICIOS SALUDABLES PARA LOS NIÑOS .....	43
CAPÍTULO III MARCO APLICATIVO .....	49
3.1. INTRODUCCIÓN .....	49
3.2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO.....	51
3.2.1. FASE 1: IDENTIFICACIÓN.....	51
3.2.2. FASE 2: CONCEPTUALIZACIÓN:.....	51
3.2.2.1. ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO.....	52
3.2.3. FASE 3: FORMALIZACIÓN:.....	56
3.2.3.1. DESCRIPCIÓN FORMAL DE MODELO.....	56
3.2.3.2. COMPONENTES DEL MODELO.....	57
3.2.3.3 DISEÑO DE LA RED NEURONAL.....	60
3.2.4 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN .....	68
3.2.4.1 HERRAMIENTAS.....	68
3.2.4.2 INTERFACES DEL SISTEMA.....	68
3.2.5. FASE 5: PRUEBA .....	78
CAPÍTULO IV PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	82
4.1.INTRODUCCIÓN .....	82
4.2.PRUEBA DE RACHAS DE WALD—WOLFOWITZ.....	82
4.3 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	84
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
5.1. CONCLUSIONES .....	87
5.2. RECOMENDACIONES .....	88
BIBLIOGRAFIA.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Diagrama de un Perceptrón .....	13
Figura 2. 1 Definición de Inteligencia Artificial .....	14
Figura 2. 2 Paradigmas de la Inteligencia Artificial.....	16
Figura 2. 3 Campos de la Inteligencia Artificial .....	17
Figura 2. 4 Componentes de un Sistema Experto .....	23
Figura 2. 5 Desarrollo de un Sistema Experto.....	23
Figura 2. 6 Metodología de Desarrollo Buchanan .....	27
Figura 2. 7 Componentes de una Neuron Biológica.....	30
Figura 2. 8 Cerebro vs. Computador .....	30
Figura 2. 9 Neuron Artificial .....	31
Figura 2. 10 Algunas Funciones de Activación ms Empleadas .....	32
Figura 2. 11 La Red Monocapa.....	32
Figura 2. 12 La Red Multicapa.....	33
Figura 2. 13 La Red Recurrente. ....	33
Figura 2. 14 Arquitectura de Perceptrón .....	34
Figura 2. 15 Comidas sin Nutrientes para los niños.....	40
Figura 2. 16 Sedentarismo Infantil .....	41
Figura 2. 17 Falta de Actividad Física .....	42
Figura 2. 18 Alimentación Saludable para los niños.....	43
Figura 2. 19 Variedad de Alimentos para la Dieta .....	43
Figura 2. 20 Alimentos contenidos en Carbohidratos .....	44
Figura 2. 21 Alimentos contenidos en Grasas.....	44
Figura 2. 22 Alimentos contenidos en proteínas .....	45
Figura 2. 23 Alimentos naturales verduras, frutas y hortalizas .....	45
Figura 2. 24 Alimentos ricos en azucares .....	46
Figura 2. 25 Consumo de Sal .....	46
Figura 2. 26 Consumo de Agua.....	47
Figura 2. 27 Desayuno Variado.....	47
Figura 2. 28 Participación de actividades Alimenticias .....	48
Figura 3. 1 Estructura del Sistema Experto de la enfermedad propuesta .....	49
Figura 3. 2 Función XOR.....	50
Figura 3. 3 Esquema Perceptrón para lógica XOR .....	50
<b>Figura 3. 4 Ciclo de vida de una red neuronal.....</b>	<b>60</b>
Figura 3. 5 Componentes del Sistema Experto .....	61
Figura 3. 6 Función de Activación Logaritmo Sigmoidal.....	62
Figura 3. 7 Entrenamiento de la Red Neuronal .....	63
Figura 3. 8 Neuron K.....	64
Figura 3. 9 Neuron J .....	64

Figura 3. 10 Fórmula de Pesos de Salida .....	65
Figura 3. 11 Procesamiento de una neurona artificial .....	65
Figura 3. 12 Pantalla Inicial del Sistema.....	69
Figura 3. 13 Iniciar el Control de Edad.....	69
Figura 3. 14 Control de Peso según la edad .....	70
Figura 3. 15 Control de Alimentación.....	70
Figura 3. 16 Control de Tipo de Alimentación .....	71
Figura 3. 17 Control de Actividad.....	71
Figura 3. 18 Resultados del Infante.....	72
Figura 3. 19 Control y Prevención .....	72
Figura 3. 20 Resultado de la Red Neuronal.....	73
Figura 3. 21 Información e Instrucciones del Sistema .....	73
Figura 3. 22 Información del Sistema .....	74
Figura 3. 23 Instrucciones del Sistema.....	74
Figura 3. 24 Ayuda del Sistema .....	75
Figura 3. 25 Descripción de Alimentos.....	75
Figura 3. 26 Grasas Saturadas .....	76
Figura 3. 27 Carbohidratos.....	76
Figura 3. 28 Proteínas .....	77
Figura 3. 29 Golosinas, Dulces y Refrescos.....	77
Figura 3. 30 Verduras, Frutas y Hortalizas .....	78
Figura 3. 31 Control de Peso según la edad .....	78
Figura 3. 32 Control de Alimentación.....	79
Figura 3. 33 Control de Tipo de Alimentación .....	79
Figura 3. 34 Control de Actividad.....	80
Figura 3. 35 Resultados del Infante.....	80
Figura 3. 36 Control y Prevención .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Descripción de Variables .....	8
Tabla 2. 1 Síntesis del Método de Buchanan .....	27
Tabla 2. 2 Diferencia entre Sistema Expertos Y las Redes Neuronales .....	37
Tabla 3. 1 Variables de Entrada .....	53
Tabla 3. 2 Alimentación variables de entrada .....	54
Tabla 3. 3 Alimentos variables de entrada .....	54
Tabla 3. 4 Actividades variables de Entrada .....	54
Tabla 3. 5 Variables de Salida.....	55
Tabla 3. 6 Variables de Salida Sufre Sobrepeso .....	55
Tabla 3. 7 Variables de Salida Sufre Obesidad Infantil .....	56
Tabla 3. 8 Descripción de valores de entrada.....	66
Tabla 3. 9 Variables de entrada.....	66
Tabla 3. 10 Datos de entrada en 2 vectores.....	67
Tabla 3. 11 Variables de Salida.....	68
Tabla 3. 12 Herramientas .....	68
Tabla 4. 1: Pruebas del sistema .....	84
Tabla 4. 2: Prueba de Rachas .....	85

# CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO

## 1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la evolución de la tecnología, el mismo que consiguió grandes avances en el campo de la investigación, así también se observa los avances para mejorar la calidad de vida de los seres humanos, en la salud también se han desarrollado sistemas expertos basados en la inteligencia artificial.

La Inteligencia Artificial es considerada como un fenómeno natural con una analogía artificial a través de programas de computador, la misma puede ser tomada como una ciencia que enfoque la elaboración de programas basados en comparaciones entre la inteligencia del hombre y la inteligencia de la maquina donde el conocimiento del hombre contribuye a la inteligencia artificial.

Los sistemas expertos forman parte de la ciencia de la computación y dentro de estas se ubican las ramas de la inteligencia artificial, donde esta tiene la capacidad de razonar, discernir, discriminar, evaluar como un ser vivo, pero a medida del tiempo la inteligencia artificial ha evolucionado y abarcado la resolución de problemas y proceso creativo.

A través de la inteligencia artificial se han desarrollado los sistemas expertos que pueden imitar la capacidad mental del hombre y relacionan reglas de sintaxis del lenguaje hablado y escrito sobre la base de la experiencia, cuya solución se logra con mejores juicios y más rápidamente que el ser humano. En la medicina tiene gran utilidad al acertar el 85 % de los casos de diagnóstico.

Cuando el conocimiento que contiene está basado en el conocimiento de personas expertas en el dominio. El sistema experto (S.E.) puede aplicarse a diferentes áreas una de ellas es la medicina. Grupos de trabajo se dedican a la creación de sistemas expertos para el diagnóstico médico de enfermedades (SEGEDIS, MYCIN y otros) para que puedan prevenir, curar, disminuir o controlar el progreso de ciertas enfermedades.

La finalidad del Sistema Experto para el control y prevención de la obesidad infantil en niños de 5 a 8 años basado en redes neuronales, es almacenar información del niño y de modo que el servicio tenga mayor precisión en el control y apoyar en la prevención de esta enfermedad.

El propósito de este trabajo es desarrollar un Sistema Experto, que coadyuve como herramienta al médico nutricionista y a los padres de familia, proporcionando datos del niño (talla y peso), hábitos alimenticios y así poder hacer un control y prevenir la obesidad infantil de esta manera evitar mayores complicaciones para el niño, tomando decisiones oportunas al dar la evaluación del estado de salud en el momento adecuado.

## **1.2. ANTECEDENTES**

A partir de los 90 y con el desarrollo de la informática, se produce un amplio desarrollo en el campo de la IA y los sistemas expertos, pudiéndose afirmar que estos se han convertido en una herramienta habitual en determinadas empresas en la actualidad.

La evolución histórica de los métodos utilizados en el desarrollo de los sistemas expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando la IA y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución.

El desarrollo de lenguajes como LISP y PROLOG condicionó esa evolución, así como investigaciones en diversos campos relacionados. Los primeros sistemas expertos que se desarrollaron en los años 60 eran capaces de resolver solo problemas basados en situaciones determinadas, mediante sistemas de reglas.

Es a partir de los 70 cuando se empiezan a resolver problemas basados en situaciones inciertas, basados en medidas difusas al principio y en redes probabilísticas con posterioridad. En la actualidad las aplicaciones de la Inteligencia Artificial son cada vez más

variadas, ya que se trata de una disciplina en constante evolución, pero pueden concretarse en las siguientes grandes áreas:

- Los sistemas de procesamiento del lenguaje natural.
- Los sistemas de reconocimiento de la visión
- La robótica.
- Los sistemas basados en el conocimiento
- Las redes neuronales
- Los sistemas inductivos problema al sistema.
- Los algoritmos genéticos

En la Carrera de Informática de la Universidad Mayor de San Andrés se realizaron varias Tesis de Grado sobre la problemática de diagnosticar y evaluar enfermedades, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- Título: **“Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento del quiste ovárico”**

Autor: Ramiro Conde Luna, 2010

Resumen: El presente trabajo abarca el desarrollo de un sistema experto de diagnóstico de quiste ovárico mediante la aplicación de la lógica difusa comprende el diseño y el desarrollo de un sistema de inferencia evaluando así el nivel de gravedad de los síntomas y las pruebas adicionales presentados por el paciente.

- Título: **“Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Malformación Dentaria basado en Redes Bayesianas”**

Autor: Roxana Poma Canaviri, 2013

Resumen: Sistema Experto desarrollado con el objetivo de brindar ayuda a los expertos (especialistas en ortodoncia) y las personas permitiendo realizar el

diagnóstico de la malformación dentaria y el tratamiento a seguir la etapa en que se encuentra basada en redes bayesianas.

- Título: “**Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento del Síndrome de Tourette basado en Lógica Difusa**”

Autor: Jheyimi Helen Callejas Mamani, 2013

Resumen: Sistema Experto desarrollado con el objetivo de brindar ayuda a los expertos (neurólogos) y las personas permitiendo realizar el diagnóstico de los niveles de tics nerviosos y el tratamiento a seguir según la etapa en que se encuentra basada en la lógica difusa.

- Título: “**Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de la Rosácea**”

Autor: Norma Mamani Quispe, 2015.

Resumen: Sistema Experto desarrollado con el objetivo de brindar ayuda a los expertos (dermatólogo) y las personas permitiendo realizar el diagnóstico de la rosácea y el tratamiento a seguir la etapa en que se encuentra basada en lógica difusa.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La obesidad es una enfermedad crónica con repercusiones negativas para la salud y existe una asociación clara y directa entre el grado de obesidad y la morbilidad<sup>4</sup>, de hecho, está vinculada al 60 por ciento de las defunciones debidas a enfermedades no contagiosas: cardiovasculares, cáncer o diabetes. Es una enfermedad metabólica multifactorial, influida por elementos sociales, fisiológicos, metabólicos, moleculares y genéticos (Muñoz, 2010).

La obesidad infantil han adquirido notoriedad en los últimos años, alrededor de 43 millones de niños y niñas menores de cinco años están afectadas por esta condición, la mayor parte



de ellos vive en países en desarrollo<sup>4</sup>. Los niños y niñas obesos tienen riesgo de obesidad en la edad adulta y como consecuencia de ello discapacidad y muerte prematura. A corto plazo, la obesidad puede afectar a casi todos los órganos causando alteraciones serias que incluyen hipertensión, dislipidemia, resistencia a la insulina, hígado graso, complicaciones pulmonares y psicológicas (Geneva, 2012).

La obesidad infantil es un trastorno nutricional muy frecuente y de prevalencia creciente. Su impacto actual y futuro puede ocasionar consecuencias muy negativas para el desarrollo y la calidad de vida de estas personas con exceso ponderal. Además, repercute en la adaptación social y el desarrollo psicológico del niño.

La obesidad infantil tiene especial trascendencia porque muchos niños obesos seguirán siéndolo al convertirse en adultos, a menos que adopten y mantengan unos patrones más saludables de comer y hacer ejercicio. Cuando la obesidad infantil se manifiesta o persiste en la segunda década de vida y no se corrige a tiempo es muy probable que en la edad adulta se sufra obesidad. Los adolescentes con sobrepeso tienen un 70% de probabilidades de llegar a ser adultos con sobrepeso u obesos. Esto se incrementa al 80% si uno o los dos padres son obesos o tiene sobrepeso (J. Picó, 2014).

La región latinoamericana no escapa a esta tendencia mundial, se han informado prevalencias crecientes de obesidad y de enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación. Un porcentaje de sobrepeso y obesidad ocurre en la edad pediátrica, factores y determinantes asociados se han estudiado con detalle en países como Chile y Brasil, lo que ha permitido desarrollar programas preventivos. En Bolivia existe escasa literatura sobre este problema en la edad pediátrica, sin embargo, hay evidencia de que estamos en plena transición nutricional, datos publicados señalan un porcentaje mayor a 6% de sobrepeso y obesidad en niños y niñas menores de cinco años, medido por la relación peso para la talla usando los patrones OMS/NCHS(1979). Se desconoce cuál sería la modificación de estos porcentajes aplicando los estándares de crecimiento OMS de 2006 (Hernández JL, 2012).

En Bolivia el problema nutricional de mayor prevalencia es la talla baja, que es un factor de riesgo para desarrollo de sobrepeso y obesidad posterior. La política nutricional del país destinada a la niñez, a partir del año 2006 ha sido enfocada en la reducción de talla y peso bajos, sobretodo en el niño menor de dos años, rango de edad en el que cualquier problema afecta de manera irreversible el desarrollo y crecimiento futuros (Aguilar Liendo, 2012).

A pesar de ser un país subdesarrollado, no debemos estar al margen de este problema mundial, la obesidad infantil. Lamentablemente en nuestro país nuestros niños tienden a tener talla baja, por una nutrición no adecuada en los primeros años de su vida, lo cual predispone que al ingerir alimentos chatarra sea más fácil engordar para nuestros niños. Basta con mirar a nuestro alrededor y ver cada día más niños y niñas con presencia de barriguitas abultadas, y peor aún sobrepeso u obesidad (Vidal A, 2015).

Existen muchos estudios que corroboran que la obesidad infantil está en aumento en nuestro país, y esto no significa que las condiciones de vida hayan mejorado, mas todo lo contrario, la malnutrición que provoca desnutrición y sobrepeso está presente. No es raro observar un niño en la calle que en vez de ingerir frutas tiene una bolsa de pipocas o papas fritas, o en vez de estar tomando leche en su mamadera tiene una gaseosa (Gilbiet, 2015).

### **1.3.1. PROBLEMA CENTRAL**

¿De qué manera se ayuda al experto nutricionista al control y prevención de la obesidad infantil en niños de 5 a 8 años?

### **1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS**

Para el estudio del presente trabajo de investigación se encontraron diversos problemas, se puede identificar algunos de ellos:

- Exceso de consumo de comida chatarra (hamburguesa, papas fritas, golosinas y otros), ocasiona que el niño tienda a engordar.
- Exceso de comida grasa y glucosa, trae consecuencias fisiológicas y consecuencias

psicológicas para el niño.

- Exceder en la cantidad adecuada de alimentos para el niño, ocasiona que el niño no tenga un buen desarrollo mental y físico.
- Exceso de glucosa y colesterol en la sangre, ocasiona la aparición de otras enfermedades en el transcurso del tiempo (diabetes, hipertensión y ataques cardíacos).
- Exceso de colesterol y glucosa, ocasiona la detención de la respiración durante el sueño.
- Ser un niño(a) obeso, provoca el rechazo de la sociedad (bullying).
- Ser niño (a) obeso por sentimiento de culpa, tienden a tener baja autoestima.
- Las niñas obesas son más propensas a no tener periodos menstruales regulares durante la adolescencia.

#### **1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

##### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un Sistema Experto (SE) para el Control y Prevención de la Obesidad Infantil en niños de 5 a 8 años.

##### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Construir una base de conocimiento haciendo uso de Redes Neuronales, en base al conocimiento del experto humano y de acuerdo a la investigación realizada.
- Establecer técnicas adecuadas para la obtención del conocimiento del experto.
- Obtener un control satisfactorio para cada uno de los pacientes evaluados.
- Implementar el prototipo de sistema experto para el control y prevención de la Obesidad Infantil.

- Aplicar una metodología para el diseño e implementación del sistema experto.

## 1.5. HIPÓTESIS

El uso de redes neuronales permite que el sistema experto controle y prevenga la obesidad de los niños de 5 a 8 años con una confiabilidad del 90 %.

### 1.5.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 1. 1 Descripción de Variables**

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	El control y prevención de la obesidad infantil.
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	Sistema Experto
<b>VARIABLE INTERVINIENTE</b>	Redes Neuronales

Fuente: (Elaboración Propia)

## 1.6. JUSTIFICACIÓN

### 1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Con la implementación de este sistema se pretende apoyar al médico nutricionista de manera precisa y rápida, tomando en cuenta datos del niño para efectuar un adecuado control y así prevenir la obesidad infantil realizando estudios necesarios ya que muchas veces los padres de familia no acuden a un especialista nutriólogo o con la ayuda de los padres del niño por cuestiones económicas.

Con el desarrollo del presente trabajo se disminuirá el costo en consultas ayudando al nutricionista y al niño para un mejor control y así prevenir la obesidad infantil de manera rápida y confiable.

## **1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Socialmente se justifica porque ayudara al médico nutricionista y también a cualquier persona que quiera hacer el control de obesidad infantil en un niño, en la toma de decisiones para ayudar al control y prevención de la obesidad infantil. También puede ser una fuente de información para evitar la obesidad infantil.

El sistema experto para la ayuda del control y prevención de la obesidad infantil será una herramienta importante de consulta e información que brindará apoyo a los profesionales médicos para comprobar resultados. De esta manera tener un control certero y en un corto tiempo beneficiando a los niños índices de obesidad infantil, dándoles la oportunidad de tratar la enfermedad a tiempo y sin mayores riesgos.

## **1.6.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA**

La creación de sistemas expertos brinda un gran aporte a la investigación, los sistemas expertos evolucionan con el transcurrir del tiempo, ayudando a las personas, como por ejemplo el campo de la medicina donde el diagnóstico es bastante importante para el tratamiento adecuado para el paciente, así también el presente trabajo contribuirá como antecedente para el control y prevención de obesidad infantil.

## **1.7. ALCANCES Y LÍMITES**

### **1.7.1. ALCANCES**

- Se aplicara los conocimientos del área de Informática relacionados a los Sistemas Expertos que son programas capaces de resolver problemas en un área determinada del conocimiento y que requiere de la inteligencia de un Experto Humano.
- En este trabajo abarca el desarrollo de un Sistema Experto para el control y prevención de la obesidad infantil mediante un sistema experto.
- El control lo realiza evaluando datos de talla y peso presentados por los pacientes (niños) para luego llegar a establecer el control y prevención más óptimo a seguir

para el niño.

- El sistema experto ofrecerá de manera rápida el control adecuando y tomar decisiones para la prevención de la obesidad infantil.
- El sistema experto realiza el control y la prevención de la obesidad infantil, basándose fundamentalmente en métodos y técnicas de la arquitectura de un SE.

#### TEMPORAL

- El presente trabajo facilita el control y prevención de la obesidad infantil en niños de 5 a 8 años.

#### ESPACIAL

- El sistema experto ayuda ofrece un control adecuado de manera veloz una vez introducidos los datos necesarios.
- El sistema experto propone una manera de prevención para la obesidad infantil.

#### 1.7.2. LÍMITES

- La obesidad infantil es un tema amplio, para el trabajo delimitaremos el dominio de datos de niños entre 5 y 8 años según los datos de peso que presenta el paciente (niño).
- En el área de Informática se aplicará los conocimientos relacionados a los Sistemas Expertos, que son programas capaces de resolver problemas en un área determinada del conocimiento y que requiere de la inteligencia de un Experto Humano, pudiendo dar un mejor el control y prevención .

#### 1.8. APORTES

##### 1.8.1. PRÁCTICO

Como principal aporte práctico se tiene el implementar el prototipo de un sistema experto para el control y prevención, apoyando así el trabajo de expertos en el área e incentivando la aplicación de sistemas expertos en el área de la medicina basado en la metodología

Buchanan de manera confiable en beneficio de la personas e implementando redes neuronales.

### 1.8.2. TEÓRICO

- El sistema experto realizara el control en base a conocimientos del experto humano.
- Los sistemas expertos se fundamentan en los aportes a otras ciencias y técnicas, usando conceptos y definiciones sobre sistemas expertos, en este caso el aporte será en el área de medicina.
- En este trabajo se pretende trabajar con la metodología Buchanan y también con redes neuronales.

### 1.9. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se empleará el Método Científico, que tiene los siguientes pasos [Balzer, 1997]: (Gonzales, 2012, p. 120).

- **Observación:** Consiste en el estudio de un fenómeno que se produce en sus condiciones naturales. La observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta.
- **Identificación del problema:** A partir de la observación surge la identificación del problema que se va a estudiar, lo que lleva a emitir alguna hipótesis.
- **Hipótesis:** O suposición provisional de la que se intenta extraer una consecuencia. Una hipótesis confirmada se puede transformar en una ley científica que establezca una relación entre dos 12 o más variables, y al estudiar un conjunto de leyes se pueden hallar algunas regularidades entre ellas que den lugar a unos principios generales con los cuales se constituya una teoría.
- **Experimentación:** Consiste en el estudio de un fenómeno, en las condiciones particulares de estudio que interesan, eliminando o introduciendo aquellas variables que puedan influir en él. Se entiende por variable todo aquello que pueda causar cambios en los resultados de un experimento y se distingue entre variable independiente, dependiente y controlada.

- **Resultados:** Los resultados de un experimento pueden describirse mediante tablas, gráficos y ecuaciones de manera que puedan ser analizados con facilidad y permitan encontrar relaciones entre ellos que confirmen o no las hipótesis emitidas.

Para el diseño del Sistema Experto se utilizó la Metodología de Buchanan: En la adquisición de conocimiento (de distintas fuentes: libros expertos) el ingeniero de conocimiento procede a través de una serie de etapas para producir un SE. La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto del área, se destacan 6 etapas fundamentales: (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2010)

#### **a) Identificación**

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

#### **b) Conceptualización**

- ✓ Se analizaran los conceptos vertidos por el experto del área: Los conceptos se toman en cuenta con sumo interés, pues el experto del área es quien conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar.

#### **c) Formalización**

Se identifican los conceptos relevantes e importantes, el resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos sub problemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento.

#### **d) Implementación**

- ✓ Se formaliza el conocimiento obtenido del experto y se elige la organización, el lenguaje y el ambiente de programación.

#### **e) Testeo**



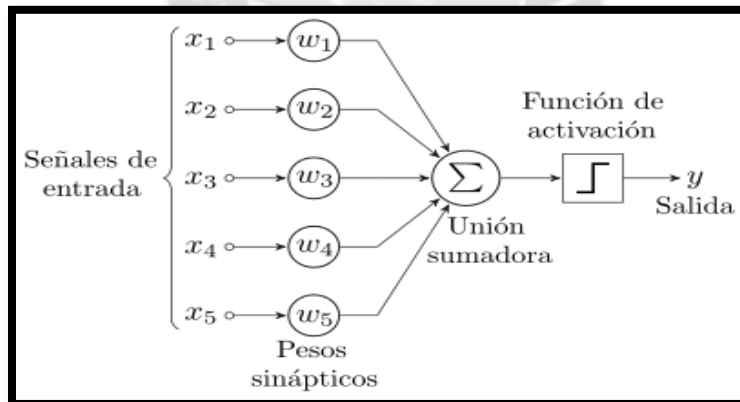
- ✓ Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose la performance del sistema.

#### f) Revisión del prototipo

- ✓ Se reformula los conceptos.
- ✓ Se rediseña y refina el prototipo. Revisión corrección

#### 1.9.1. EL PERCEPTRÓN

En cuanto a los sistemas utilizados en el trabajo, se eligió como tipo de red neuronal, el llamado **Perceptrón**. También denominado mapeo de patrones (*pattern-mapping*), aprende a clasificar modelos mediante un aprendizaje supervisado. Los modelos que clasifica suelen ser generalmente vectores con valores binarios (0,1) y las categorías de la clasificación se expresan mediante vectores binarios.



**Figura 1. 1 Diagrama de un Perceptrón**

Fuente: (Cartas, 2015)

La estructura del Perceptrón es similar a la del elemento general de procesamiento que se muestra en la figura 1.1 una descripción de cómo funciona, muestra su función de activación Sigmoide y sus señales de entrada-salida.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial (IA) es una tarea compleja que varía, según la época y el paradigma. De esta forma la inteligencia es definida de acuerdo a las diferentes visiones. La Inteligencia Artificial es la rama de las Ciencias de la Computación que estudia el software y hardware necesarios para simular o reproducir acciones y razonamiento de los seres vivos inteligentes.

La Inteligencia Artificial (IA) estudia las estrategias y algoritmos que permiten a los computadores pensar “igual” que las personas. Esta disciplina puede ser aplicada en distintas áreas del conocimiento: Medicina, Control automático, Análisis de datos.

Se presentan algunas definiciones:

	<b><i>Sistemas que piensan como humanos</i></b>	<b><i>Sistemas que piensan racionalmente</i></b>
Procesos mentales y razonamiento	<p>“La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen...máquinas con mente, en su amplio sentido literal.”</p> <p>“La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje...”</p>	<p>“El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales”</p> <p>“El estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar.”</p>
Conducta	<p>“El arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones realizadas por personas requiere de inteligencia”</p> <p>“El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento los humanos hacen mejor”</p>	<p>“Un campo de estudio que se enfoca a la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales”</p> <p>“La rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente”</p>

**Figura 2. 1 Definición de Inteligencia Artificial**

Fuente: (Cruz, 2014)

Entre las acciones de razonamiento que la inteligencia artificial pretende emular se presenta siguientes ideas:

- Comprender, razonar y juzgar adecuadamente.
- Capacidad de aprender.
- Habilidades, destreza y experiencia.
- Capacidad de resolver problemas.
- Capacidad de adaptarse al medio. (INELE, 2010).

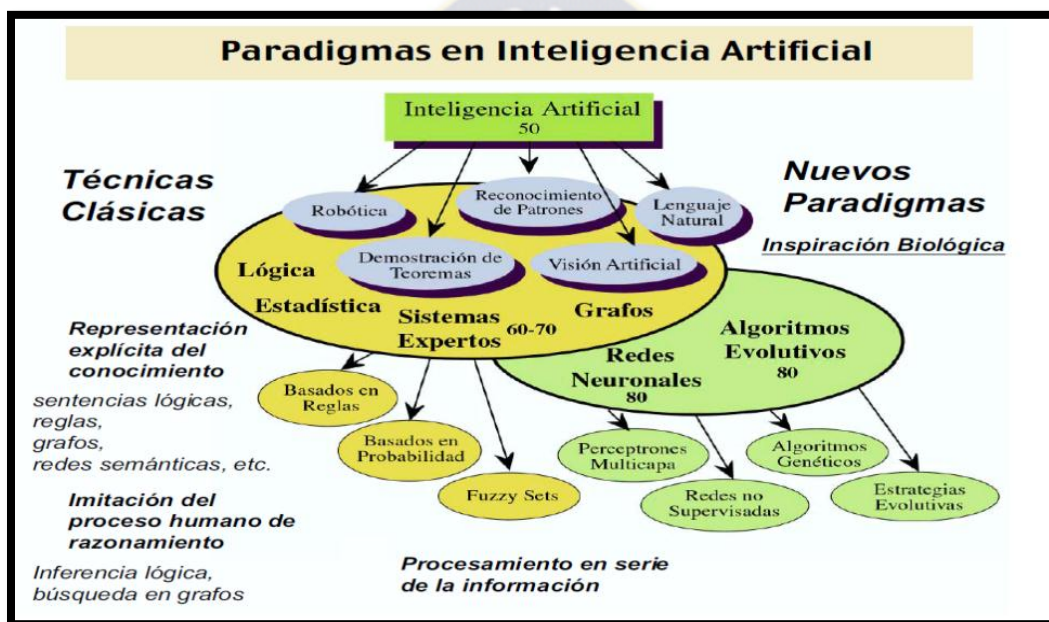
La inteligencia artificial enfrenta dos dificultades esenciales:

- Primera, radica en que los seres humanos, no saben realmente como realizar la mayoría de sus actividades.
- Segunda, consiste en que las computadoras no se enfrentan a esas tareas de la misma manera que los seres humanos, dado que tienen que estar previamente programadas en lenguajes en los que solo es posible expresar conceptos muy elementales. (García, 2004).

Técnicas y campos de la inteligencia artificial:

- Aprendizaje Automático (Machine Learning)
- Ingeniería de conocimiento (Knowledge Engineering)
- Lógica Difusa (Fuzzy Logic)
- Redes Neuronales Artificiales (Artificial Neural Networks)
- Sistemas reactivos (Reactive Systems)
- Sistema Multi-agentes (Multi-Agent Systems)
- Razonamiento basado en casos (Case-Based Reasoning)
- Sistemas Expertos (Expert Systems)
- Redes Bayesianas (Bayesian Networks)
- Vida Artificial (Artificial Life)

La Inteligencia Artificial sea desarrollado muy rápidamente en los últimos siglos ha ido creciendo de acuerdo a la evolución de la tecnología por tal razón surgen continuamente nuevas ramas para tratar nuevas situaciones ya que tienen gran aceptación en el campo laboral debido a que tiempo de ejecución facilite ciertas tareas que hacen los seres humanos, reduciendo costos, tiempo de ejecución facilitando las tareas respectivas. En algunas de estas ramas los resultados teóricos van muy por encima de las realizaciones prácticas.



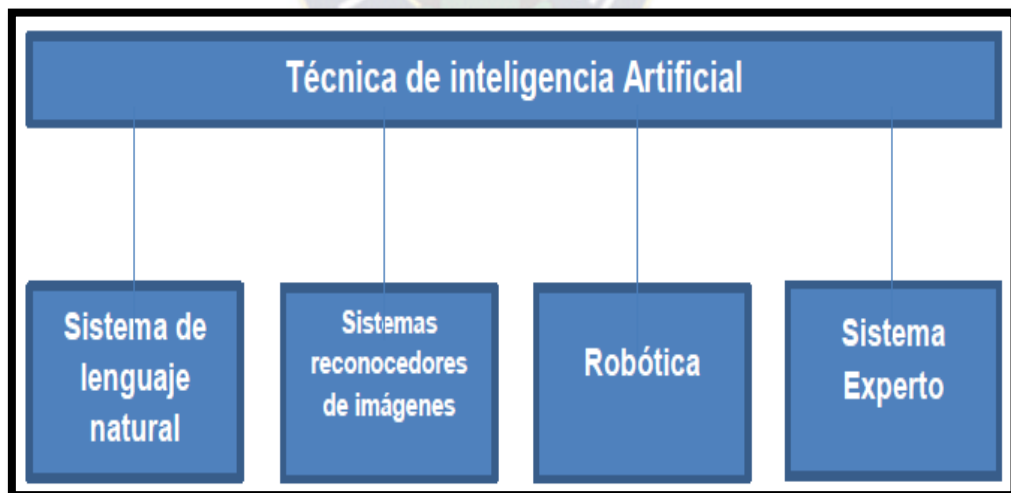
**Figura 2. 2 Paradigmas de la Inteligencia Artificial**

Fuente: (Martínez, 2010)

## 2.2. SISTEMAS EXPERTOS

La inteligencia artificial define la representación del conocimiento en programas de ordenador, es el estudio de cómo hacer que los ordenadores hagan cosas que en estos momentos hace mejor el hombre. Posee los siguientes campos: Sistemas de lenguaje natural, sistemas reconocedores de imágenes, robótica y sistemas expertos; es decir, los sistemas expertos pertenecen a la inteligencia artificial ver. Figura 2.3.

- Un sistema experto es aquel que simula el razonamiento humano ayudando usuario.
- Cuando los expertos humanos en una determinada materia son escasos, los Sistemas Expertos pueden recoger y difundir su conocimiento.
- En situaciones complejas, donde la subjetividad humana puede llevar a conclusiones erróneas.
- La posibilidad de poder emular la inteligencia humana ha despertado la curiosidad del ser humano desde tiempos remotos. Y el hombre encontró dos caminos para lograr dicho fin:
  - a) Tratar de imitar el funcionamiento del cerebro humano a nivel computador lo cual implica construir una analogía de tipo físico del cerebro del hombre. Esto podría llamarse entonces enfoque físico, y como principal exponente de este rumbo encontramos a las redes neuronales.
  - b) Tratar de lograr el conocimiento humano a través de la lógica, por lo que estaríamos en presencia de un enfoque lógico. En este enfoque de pensamiento encontramos a los sistemas expertos que intentan reproducir el razonamiento humano de forma simbólica.



**Figura 2. 3 Campos de la Inteligencia Artificial**

Fuente: (Hidalgo, 1996)

Los programas de inteligencia artificial se caracterizan por manejar símbolos como conceptos e ideas y no solo como una colección de símbolos sin significado. Un sistema ordenador que trabaje con técnicas de inteligencia artificial deberá poder combinar información de forma inteligente, alcanzar conclusiones y justificar dichas conclusiones.

Desde la década de 1950 se empezó a investigar sobre la tecnología representada por los sistemas expertos actuales. Pero estos aparecen específicamente a mediados de los años setenta como una forma de automatizar ciertos tipos de problemas complejos que manipulan una gran cantidad de conocimientos, como por ejemplo: diagnóstico, planeación, predicción, diseño, interpretación, control, monitoreo de estado e instrucción.

El modelo que se propone para el desarrollo de la investigación y la construcción, evaluación del “Sistema Experto para el diagnóstico de la caries dental”, es el de la metodología **Buchanan**, se hace uso de sus etapas de desarrollo para la formulación, implementación y prueba de validación del Sistema Experto.

## **2.2.1. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS**

### **2.2.1.1. TIPO DE ACUERDO A SU NATURALEZA**

Se tiene los tipos de acuerdo a su naturaleza:

- **Deterministas**

Son formulados usando un conjunto de reglas que relacionan varios objetos bien definidos. Se los conoce como: “Sistemas en reglas” porque obtienen conclusiones basándose en un conjunto de reglas utilizando un mecanismo de razonamiento lógico. Por ejemplo las transacciones bancarias y el control de tráfico.

- **Estocásticos**

Se introducen algunos medios para tratar la incertidumbre en situaciones inciertas. En este aspecto, algunos sistemas expertos usan la estructura de los sistemas basados en reglas pero introducen una medida asociada a la incertidumbre de las reglas y a la de sus premisas.

### **2.2.1.2. TIPO DE ACUERDO A LA FUNCION QUE REALIZA**

Tipos de Sistemas Expertos de acuerdo a la función que realizan, de acuerdo al propósito por el que fue creado para brindar apoyo a los diferentes expertos en diferentes campos así reducir el tiempo de análisis y observaciones que se presenten:

- **Interpretación**

Inferen la descripción de situaciones por medio de sensores de datos. Estos S.E. usan datos reales, con errores, con ruidos, incompletos, etc. Ejemplos: medición de temperatura, reconocimiento de voz, análisis de señales, etc.

- **Predicción**

Inferen probables consecuencias de situaciones dadas. Algunas veces usan modelos de simulación para generar situaciones que pueden ocurrir. Ejemplos: predecir daños a cosechas por algún tipo de insecto.

- **Diagnóstico**

Inferen las fallas de un sistema en base a los síntomas. Utilizan las características de comportamiento, descripción de situaciones o conocimiento sobre el diseño de un componente para inferir las causa de las falla. Ejemplos: diagnóstico de enfermedades en base a síntomas, encontrar componentes defectuosos o fallas en circuitos.

- **Diseño**

Utilizan un conjunto de limitaciones y restricciones para configurar objetos. Utilizan un proceso de análisis para construir un diseño parcial y una simulación para verificar o probar las ideas. Ejemplos: configuración de equipos de oficina, de equipos de cómputo.

- **Planeación**

Diseñar un curso completo de acción, se descompone la tarea en un subconjunto de tareas. Ejemplo: comunicaciones, ruteo, planificación financiera.

- **Monitoreo**

Comparan las observaciones del comportamiento del sistema con el comportamiento estándar se compara lo actual con lo esperado. Ejemplo: asistir a un paciente de cuidados intensivos, tráfico aéreo, uso fraudulento de tarjetas de créditos.

- **Depuración (debugging)**

Sugieren remedios o correcciones de una falla que presentan. Ejemplo: sugerir el tipo de mantenimiento a cables dañados, la prescripción médica a un paciente.

- **Reparación**

Sigue un plan para administrar un remedio prescrito. Poco se ha hecho, requiere planeación, revisión y diagnóstico.

- **Instrucción**

Diagnostican, revisan y reparan el comportamiento de un estudiante. Ejemplo: educar a un estudiante de medicina, usa un modelo de estudiante y planea la corrección de deficiencias.

- **Control**

Gobierna el comportamiento del sistema. Requieren interpretar una situación actual, predecir el futuro, diagnosticarlas causas de los problemas que se pueden anticipar, formular un plan para remedir esas fallas y monitorear la ejecución de este.

## **2.2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO**

A continuación se muestran los componentes de un sistema experto:

### **2.2.2.1. LA COMPONENTE HUMANA**

Un sistema experto de la colaboración de uno o varios expertos humanos especialistas en el tema de estudio y los ingenieros del conocimiento con los usuarios en mente.

### **2.2.2.2. BASE DE CONOCIMIENTO (BC)**

Los especialistas deben brindar a los ingenieros del conocimiento una base de conocimiento ordenada y estructurada, y un conjunto de relaciones bien definidas y explicadas. La BC



contiene conocimiento que el SE maneja, es decir, una formulación simbólica automáticamente manipulable, del área de conocimiento sobre el cual el sistema es experto. La construcción del BC es un punto crucial en el desarrollo del SE.

#### **2.2.2.3. CONTROL DE LA COHERENCIA**

Este subsistema controla la consistencia de la base de datos y evita que unidades de conocimiento inconsistente entren en la misma. Sin este subsistema, unidades de conocimientos contradictorios pueden formar parte de conocimiento, dando lugar a un comportamiento insatisfactorio en el sistema.

#### **2.2.2.4. EL MOTOR DE INFERENCIA (MI)**

Activa las reglas en función de la información contenida en la base de datos y la memoria de trabajo, la nueva información es puesta en la memoria de trabajo. También se encarga de proponer en Trazador de explicaciones, las reglas que motivaron una determinada consulta al usuario.

#### **2.2.2.5. SUBSISTEMA DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO**

Es utilizado por el motor de inferencia cuando el conocimiento inicial es muy limitado y no se pueden sacar conclusiones, este obtiene el conocimiento necesario y continuo con el proceso de inferencia hasta que se hayan sacado conclusiones. El usuario puede suministrar la información requiere para este y otros objetivos, para esto es necesario una “Interface de Usuario” y una comprobación de consistencia de información suministrada por el usuario antes de introducirla en la memoria de trabajo.

#### **2.2.2.6. INTERFACE DE USUARIO**

Es el enlace entre el sistema experto y el usuario. Para que un sistema sea una herramienta efectiva debe incorporar mecanismos eficientes para mostrar y obtener información fácil y agradable, por ejemplo: luego del trabajo del motor de inferencia la información que se tiene que visualizar es el de las conclusiones, razones de las mismas y una explicación de las acciones iniciadas. Cuando el motor de inferencia no puede concluir debido a la ausencia de información, la interface de usuario es el vehículo para obtener la información

necesaria. Una implementación inadecuada de la interface de usuario disminuirá la calidad de un sistema experto.

#### **2.2.2.7. EL SUBSISTEMA DE EJECUCIÓN DE ÓRDENES**

Es la componente que permite al sistema experto iniciar acciones que están basados en las conclusiones sacadas por el motor de inferencia, por ejemplo: un sistema experto que analiza el tráfico ferroviario puede decidir retrasar o parar ciertos trenes para optimizar el tráfico global. Las explicaciones de esas razones pueden darse al usuario a través del “Subsistema de Explicación”.

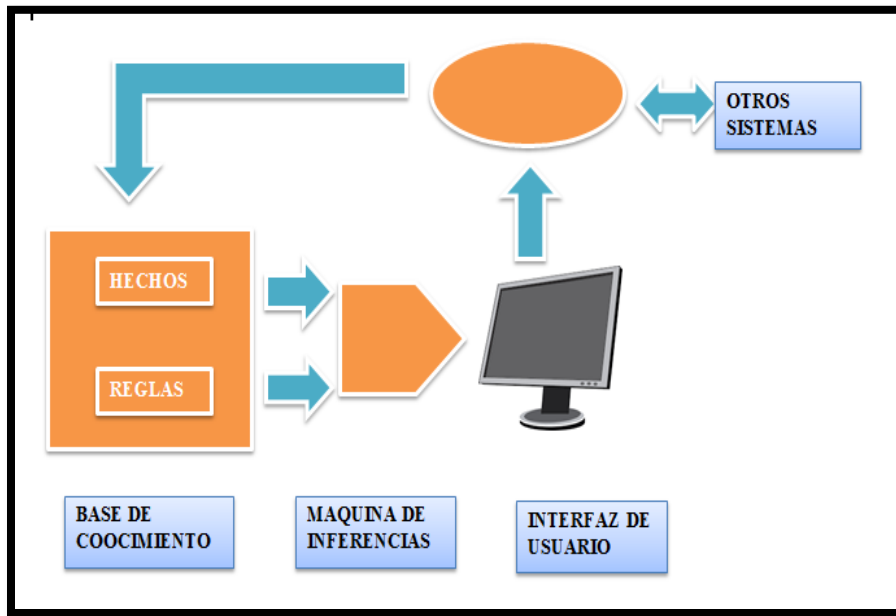
#### **2.2.2.8. EL SUBSISTEMA DE EXPLICACIÓN**

Es el subsistema que explica el proceso seguido por el motor de inferencia o por el subsistema de ejecución.

#### **2.2.2.9. EL SUBSISTEMA DE APRENDIZAJE**

El aprendizaje es el proceso a través del cual se adquieren o modifican los conocimientos mediante el estudio, la enseñanza o la experiencia, diferenciamos entre Aprendizaje Estructural Paramétrico, a continuación se presenta una descripción de los subsistema de aprendizaje.

- Adquisición de conocimiento y verificación de su coherencia.
- Almacenar (memorizar) conocimientos.
- Preguntar cuándo se requieren nuevos conocimientos.
- Aprender de la base de conocimiento y de los datos disponibles.
- Realizar inferencia y razonamiento en situaciones deterministas y de incertidumbre explicar conclusiones y acciones tomadas.
- Comunicar con los expertos y no expertos humanos y con otros Sistemas Expertos.

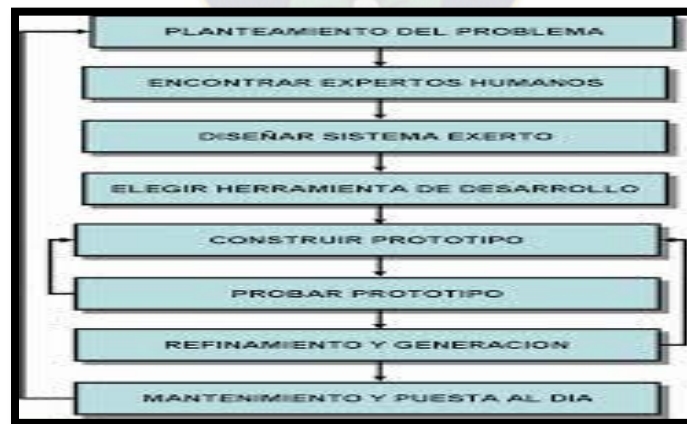


**Figura 2. 4 Componentes de un Sistema Experto**

Fuente: (Llanos, 2003)

### 2.2.3. DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO

Etapas en el desarrollo de un sistema experto, a continuación se presenta una breve descripción de cómo desarrollar un sistema experto:



**Figura 2. 5 Desarrollo de un Sistema Experto**

Fuente: ()

➤ **Planeamiento del problema**

Se trata de la definición del problema a resolver, es la etapa más importante para el desarrollo de un sistema experto.

➤ **Encontrar expertos humanos que puedan resolver el problema**

En algunos casos las bases de datos pueden jugar el papel del experto humano.

➤ **Diseño de un Sistema Experto**

Esta etapa incluye el diseño de estructuras para almacenar el conocimiento, el motor de inferencia, el subsistema de explicación, la interfaz de usuario.

➤ **Elección de la herramienta de desarrollo o lenguaje de programación**

Debe decidirse si realizar un sistema experto a medida o utilizar una herramienta o un lenguaje de programación.

➤ **Desarrollo y pruebas de un prototipo**

Si el prototipo no pasa las pruebas requeridas, las pruebas anteriores (con las modificaciones apropiadas) deben ser repetidas hasta obtener un prototipo satisfactorio.

➤ **Refinamiento y generalización**

En esta etapa se corrigen los fallos y se incluyen nuevas probabilidades no incorporadas en el diseño inicial.

➤ **Mantenimiento y puesta al día**

En esta etapa el usuario plantea problemas o defectos del prototipo, corrige errores, actualiza el producto con nuevos avances.

### **2.3. METODOLOGÍA BUCHANAN**

La metodología de Buchanan se caracteriza por la constante relación entre el ingeniero del conocimiento y el experto del área abordada. Este método puede esquematizarse en las siguientes fases:

- FASE 1: Identificación
- FASE 2: Conceptualización
- FASE 3: Formalización
- FASE 4: Implementación
- FASE 5: Prueba

### **2.3.1. FASE 1: IDENTIFICACIÓN**

Esta es la fase mediante la que se reconocen aspectos importantes del problema, como son los participantes (expertos del dominio, ingenieros del conocimiento y futuros usuarios), abarca la lectura de libros o artículos, las entrevistas con los profesionales familiarizados con el tema y la búsqueda de un experto que esté dispuesto a colaborar con la construcción del sistema.

Se identifican también los objetivos y metas que deben ser realizadas por el sistema experto. Estos objetivos son importantes para determinar que lenguaje y que sistema se usara. El ingeniero de conocimiento debe tener un dominio amplio del problema como para conversar inteligentemente con el experto.

### **2.3.2. FASE 2: CONCEPTUALIZACIÓN**

En esta fase uno de los objetivos es delimitar el sistema, por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente. El experto y el ingeniero del conocimiento tratan de encontrar conceptos que representen el conocimiento del experto, al mismo tiempo intentan determinar cómo es el flujo de información durante el proceso de resolución de problemas.

### **2.3.3. FASE 3: FORMALIZACIÓN**

Esta fase consiste en traducir los conceptos clave, los sub problemas, y las características del flujo de información identificada durante la fase anterior, para así obtener la estructura de inferencia del sistema experto, con esto se empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a

resolver el sistema. Esto es de suma importancia para la tarea de definición del sistema experto y para mantener una adecuada documentación del mismo.

#### **2.3.4. FASE 4: IMPLEMENTACIÓN**

En esta fase, el ingeniero de conocimiento define el prototipo del sistema experto, esta tarea implica comprobar si hemos conceptualizado y formalizado bien el conocimiento que el experto tiene sobre el problema.

Se definen los conceptos primitivos con la forma de representación elegida, este es el primer paso para la implementación del prototipo, a medida que se desarrolla el prototipo se deberá realizar y procurar lo siguiente:

- El formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.
- Las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto.
- La estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto.

Se puede representar las reglas definidas y en ocasiones los resultados obtenidos al usar las reglas para que el experto manifieste su opinión sobre la representación y las soluciones.

#### **2.3.5. FASE 5: PRUEBA**

Esta fase consiste en la evaluación del rendimiento del prototipo (interfaz de usuario) construido para encontrar errores o anomalías en la base de conocimientos o en los mecanismos de inferencia del sistema experto.

Buchanan sitúa los lazos de realimentación después de la fase de prueba, pero también indica que el proceso no tiene por qué seguir estrictamente la secuencia representada en la figura 2.5. Así, por ejemplo, si el ingeniero del conocimiento no encuentra reglas adecuadas durante la implementación puede requerir una vuelta atrás y una reformulación del problema.

## Síntesis del Método de Buchanan

La tabla 2.4 refleja todos los pasos que componen la metodología de Buchanan:

**Tabla 2. 1 Síntesis del Método de Buchanan**

<b>FASE</b> <b>1</b>	<b>Identificación</b>	Seleccionar al experto, fuentes, medios de conocimiento y clara definición del
	<b>Conceptualización</b>	Encontrar los conceptos claves y las relaciones necesarias para caracterizar el
<b>FASE</b> <b>2</b>	<b>Formalización</b> <b>Implementación</b> <b>Control</b>	Reformulación permanente de conceptos, rediseño de la forma de representación, refinamiento del sistema implementado, críticas y sugerencias de los expertos permiten una mejora y un control del funcionamiento del sistema.

Fuente : (Elaboración Propia)



**Figura 2. 6 Metodología de Desarrollo Buchanan**

Fuente: (Dankel, 2010)

## **2.4. REDES NEURONALES**

El cerebro humano es el sistema de cálculo más complejo que conoce el hombre. El ordenador y el hombre realizan bien diferentes clases de tareas; así la operación de reconocer el rostro de una persona resulta una tarea relativamente sencilla para el hombre y difícil para el ordenador, mientras que la contabilidad de una empresa es tarea costosa para un experto contable y una sencilla rutina para un ordenador básico.

La capacidad del cerebro humano de pensar, recordar y resolver problemas ha inspirado a muchos científicos intentar o procurar modelar en el ordenador el funcionamiento del cerebro humano. Se puede definir a una Red Neuronal Artificial (RNA) como modelos matemáticos inspirados en sistemas biológicos, adaptados y simulados en computadoras convencionales. Las RNAs están inspiradas en el sistema biológico natural, en este sistema la neurona es la unidad de procesamiento, y aunque las RNAs sean mucho menos complejas que una red neuronal biológica, también realizan cálculos complejos para procesar información.

Los profesionales de diferentes campos como la ingeniería, filosofía, fisiología y psicología han unido sus esfuerzos debido al potencial que ofrece esta tecnología y están encontrando diferentes aplicaciones en sus respectivas profesiones.

### **2.4.1 DEFINICIÓN DE UNA RED NEURONAL**

Se cuenta con varias definiciones de redes neuronales; neuronales; desde las definiciones cortas y genéricas hasta las que intentan explicar más detalladamente qué son las redes neuronales.

- Una nueva forma de computación, inspirados en modelos biológicos.
- Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles.
- Redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adoptivos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico.



- Nuevo sistema para el tratamiento de la información, cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental “neurona”.
- Aprender (aprendizaje): Significa que aquellos problemas que no se puedan resolver inicialmente, pueden ser resueltos después de tener más información acerca del problema.

## 2.4.2 MODELO BIOLÓGICO Y ARTIFICIAL DE UNA RED NEURONAL

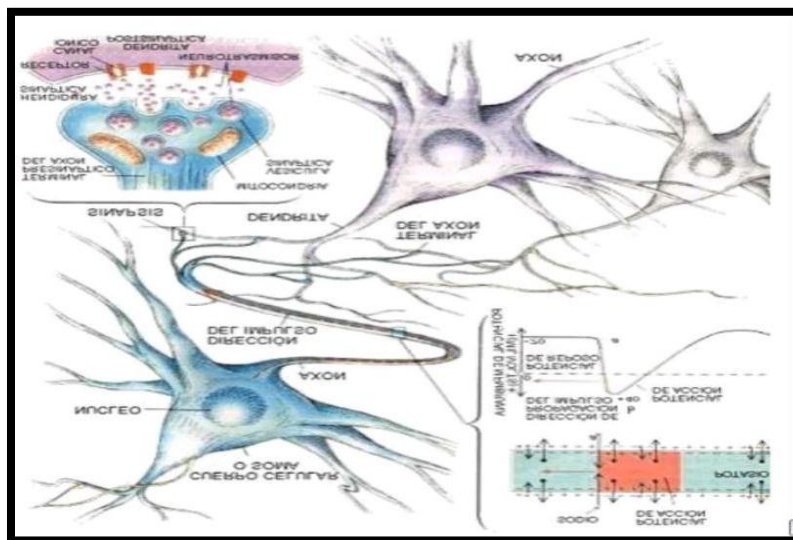
### 2.4.2.1. MODELO BIOLÓGICO DE REDES NEURONALES

Las diferentes configuraciones y algoritmos que se diseñan para las redes neuronales artificiales están inspiradas en la organización del complejo sistema neuronal del cerebro humano. El cerebro como sistema de procesamiento de información posee en el orden del billón de células nerviosas donde cada neurona está conectada a otras neuronas a través de unas 10000 sinapsis. Algunas de sus propiedades de interés son:

- a) La capacidad, que poseen partes sanas, de aprender a encargarse de tareas anteriormente realizadas por partes ahora dañadas.
- b) Su capacidad de aprender de la experiencia (lo cual es una propiedad clave).
- c) Realiza de forma muy reciente cálculos masivamente paralelos, como la percepción visual que ocurre en menos de 100 milisegundos.
- d) Es responsable de nuestra memoria, intelecto y conciencia de existencia.

El sistema nervioso humano constituido por células llamadas neuronas presenta una estructura muy compleja. El número estimado de neuronas es de y las interconexiones entre ellas son del orden de muestra la estructura de un par de neuronas biológicas.

- **Cuerpo Celular:** Núcleo de la neurona (combina, integra y emite señales de salida).
- **Dendritas:** Estructura ramificada (recepción de la información).
- **Axón:** Estructura lineal (transmisión de la información).
- **Sinopsis:** (Unidad fundamental)(Interacción) Conexión con otras neuronas (Emiten la información).



**Figura 2. 7 Componentes de una Neurona Biológica**

Fuente: (Villasana, 2010)

Los problemas de índole aritméticos no hay duda que son mejor manejados por los computadores, sin embargo hay tareas como el reconocimiento de patrones y comprensión del lenguaje en las que el cerebro es mejor en términos de velocidad de procesamiento. Comparación entre cerebro y computadora:

	Unidades procesadoras	Tamaño de las unidades	Consumo	Frecuencia de trabajo *	Aprendizaje
Cerebro	$10^{14}$ sinapsis	$10^{-6}$ m	30 W	Cientos de Hz	Si
Computador	$10^8$ transistores	$10^{-6}$ m	30 W	Unidades de GHz	Poco

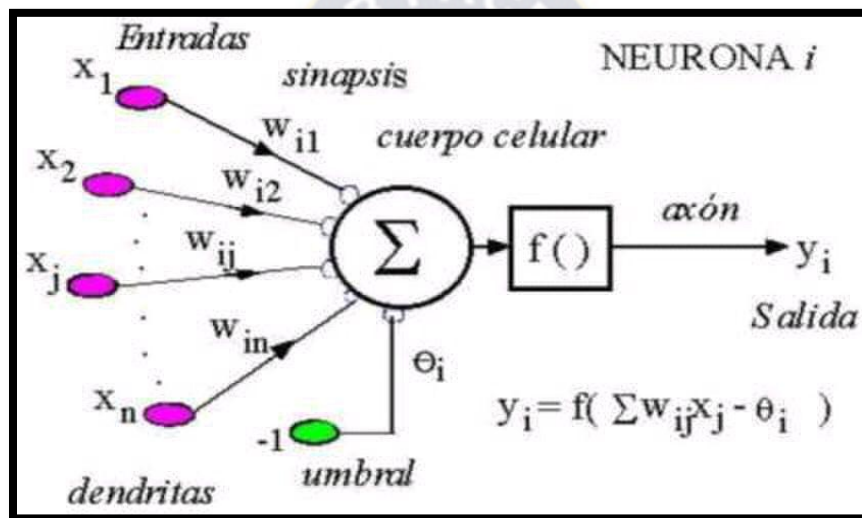
**Figura 2. 8 Cerebro vs. Computador**

Fuente: (Nacelle, 2009)

#### 2.4.2.2. MODELO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las redes neuronales artificiales son motivadas por ciertas cualidades de su modelo real, por lo cual el desafío es producir un modelo que tenga:

- Las señales que llegan, son las entradas a las neuronas ( $X_i$ ).
- Son ponderadas (Atenuadas o amplificadas). A través de un parámetro llamado Peso ( $W_i$ ).
- Estas señales pueden excitar a la neurona (peso positivo) o inhibir (peso negativo).
- El efecto es la suma de las entradas ponderadas. Si la suma es mayor al umbral de la neurona, entonces la neurona se activa produciendo una salida.
- W Informar de las neuronas que aprende la red (valor que se calcula mediante una ecuación matemática).



**Figura 2. 9 Neurona Artificiaial**

Fuente: (Nacelle, 2009)

Donde  $y_i(t) = f(\sum_{j=1}^n W_{ij} x_j - \theta_i)$  es el modelo matemático más elemental. La función de activación  $f()$  se suele considerar determinista, y en la mayor parte de los modelos es monótona creciente y continua. La forma  $y_i(t) = f(x)$  de las funciones de activación más empleadas en las redes neuronales artificiales se muestra en la siguiente tabla, donde  $x$  representa el potencial postsináptico e  $y$  el estado de activación. Este modelo de neurona, también llamado Perceptrón, fue el primer modelo de red neuronal (1957) que le abriría las puertas a las primeras investigaciones. En 1969 se demuestra matemáticamente que solo

puede implementar funciones linealmente separables, lo cual trae consigo siete años de estancamiento.


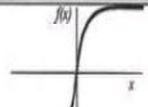
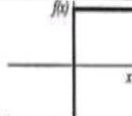
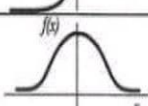
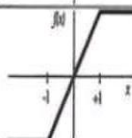
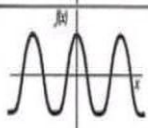
	Función	Rango	Gráfica		Función	Rango	Gráfica
Identidad	$y = x$	$[-\infty, +\infty]$		Sigmoidea	$y = \frac{1}{1+e^{-x}}$ $y = \text{tgh}(x)$	$[0, +1]$ $[-1, +1]$	
Escalón	$y = \text{sign}(x)$ $y = H(x)$	$\{-1, +1\}$ $\{0, +1\}$		Gaussiana	$y = Ae^{-bx^2}$	$[0, +1]$	
Lineal a tramos	$y = \begin{cases} -1, & \text{si } x < -l \\ x, & \text{si } -l \leq x \leq +l \\ +1, & \text{si } x > +l \end{cases}$	$[-1, +1]$		Sinusoidal	$y = A \text{sen}(\omega x + \varphi)$	$[-1, +1]$	

Figura 2. 10 Algunas Funciones de Activación ms Empleadas

Fuente: (Nacelle, 2009)

### 2.4.3 TIPOS DE ARQUITECTURA DE LAS REDES NEURONALES

#### 2.4.3.1. RED MONOCAPA

La red monocapa se corresponde con la red neuronal más sencilla ya que se tiene una capa de neuronas que proyectan las entradas a una capa de neuronas de salida donde se realizan los diferentes cálculos.

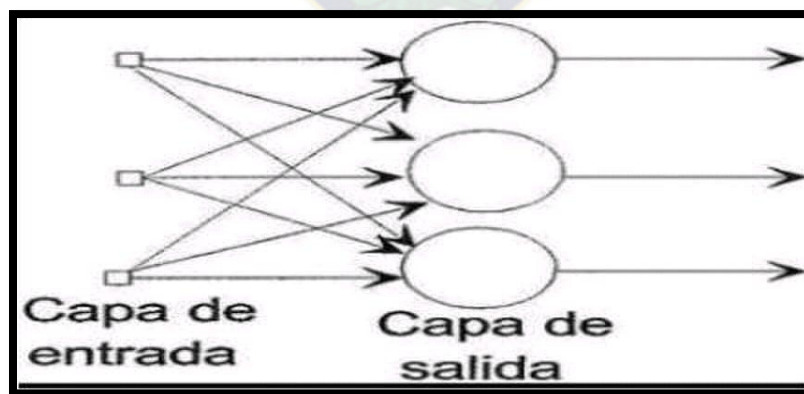
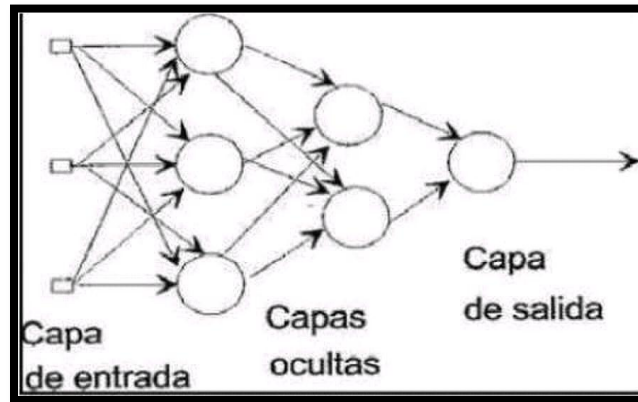


Figura 2. 11 La Red Monocapa

Fuente: (Nacelle, 2009)

### 2.4.3.2. RED MULTICAPA

La red multicapa es una generalización de la anterior, existiendo un conjunto de capas intermedias entre la capa de entrada y la de salida (capas ocultas). Este tipo de red puede estar total o parcialmente conectada.

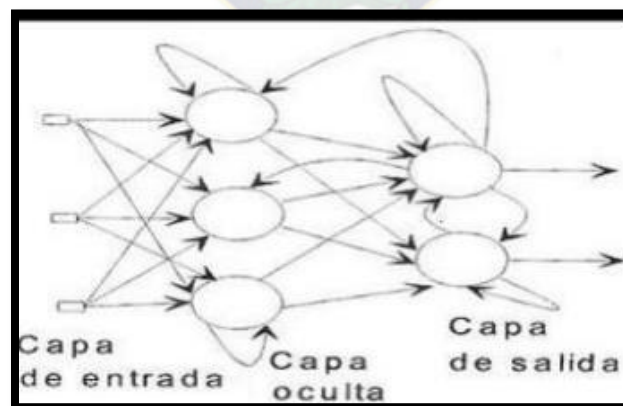


**Figura 2. 12 La Red Multicapa**

Fuente: (Nacelle, 2009)

### 2.4.3.3. RED RECURRENTE

La red recurrente este tipo de red se diferencia de las anteriores en la existencia de lazos de realimentación en la red. Estos lazos pueden ser entre neuronas de diferentes capas, neuronas de la misma capa o, entre una misma neurona. Esta estructura la hace especialmente adecuada para estudiar la dinámica de los sistemas no lineales.



**Figura 2. 13 La Red Recurrente.**

Fuente: (Nacelle, 2009)

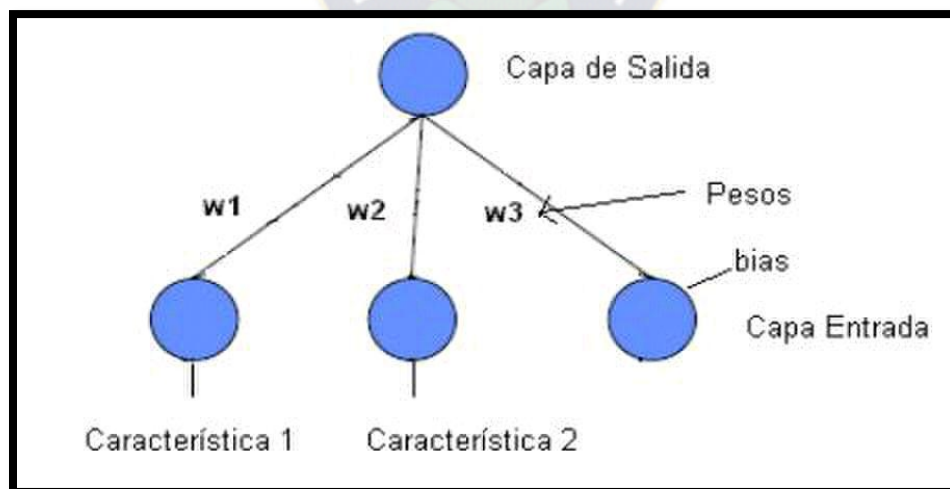
#### 2.4.4. PERCEPTRÓN

El perceptrón (Perceptron en inglés) fue el primer modelo de Red Neuronal Artificial supervisada. Es la más simple de las Redes neuronales. Fue creada por Rosenblatt en 1958 y su éxito inicial se debió a que era capaz de aprender y reconocer patrones sencillos. Con el desarrollo del perceptrón, surge el área de las Redes Neuronales Artificiales dentro de la Inteligencia Artificial. Sin embargo, Marvin Minsky y Seymour Papert escriben el libro "Perceptrons", en el que se hace un análisis del Perceptrón mostrando sus flaquezas y decae el apoyo dado a la investigación de las Redes Neuronales Artificiales durante algunas décadas.

Las principales limitaciones del perceptrón son que sirve únicamente para problemas linealmente separables y que sean de dos clases. Hablando vulgarmente, esto quiere decir que el perceptrón sólo lo podemos usar cuando el problema sea distinguir entre una de dos posibles clases y, que trazando una línea, plano o hiperplano en un plano o hiperplano, se puedan separar perfectamente estas dos clases.

##### 2.4.4.1. ARQUITECTURA DEL PERCEPTRÓN

La siguiente imagen ilustra la arquitectura del perceptrón para patrones con sólo dos características:



**Figura 2. 14 Arquitectura de Perceptrón**

Fuente: (Nacelle, 2009)

### 2.4.4.2. CONTROL MEDICO UTILIZANDO REDES NEURONALES

El control se hará considerando la enfermedad (patrón). Para el patrón es definido un conjunto de síntomas (características)  $[s_1, s_2, \dots, s_m]$ . Los síntomas pueden tener un grado de importancia diferente. El problema de diagnóstico de la enfermedad consiste en identificar la enfermedad y un conjunto de síntomas dados.

Ejemplo: para la enfermedad: se tiene los siguientes síntomas:

- $s_1$  tiene un peso de 3.
- $s_2$  tiene un peso de 0.
- $s_3$  tiene un peso de 1.
- $s_4$  tiene un peso de 0.
- $s_5$  tiene un peso de 0.
- $s_6$  tiene un peso de 1.
- $s_7$  tiene un peso de 4.

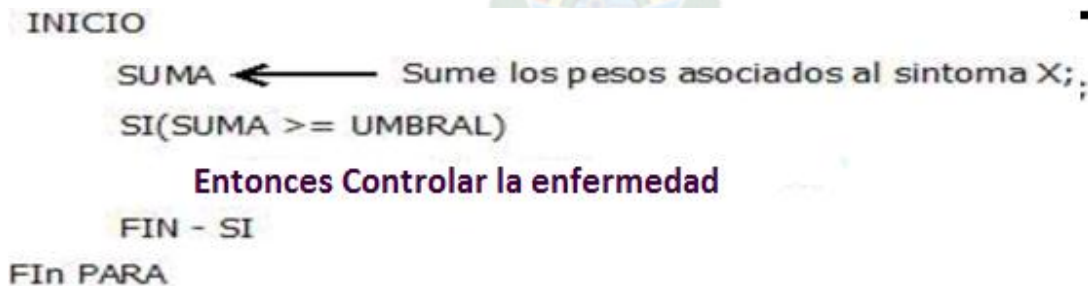
ENFERMEDAD		
	Umbral	10
SÍNTOMAS		3
		0
		1
		0
		0
		1
		4
		9

Umbral de 10

#### Base de Hechos:

Se identifica al paciente X el cual presenta lo síntomas ().

**Problema:** Controlar la enfermedad que tiene el paciente X. Para hallar el diagnóstico exacto se tiene el siguiente algoritmo: Para la enfermedad:



De tal forma obtendremos el siguiente resultado: Diagnóstico: con 90% de Proximidad.

#### **2.4.5. DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y LA REDES NEURONALES**

El objetivo principal de las redes neuronales es, en cierto modo, similar al de los sistemas expertos, pues ambos pretenden capturar el conocimiento adquirido por la experiencia para realizar de forma eficiente una determinada tarea. Sin embargo, existen diferencias importantes entre ambos sistemas. En la Tabla 2.4 se pueden ver resumidas las fortalezas y debilidades de ambos sistemas.

También existe una diferencia muy importante entre ambos sistemas en cuanto al tipo de conocimiento que engloban. Los sistemas expertos incluyen un conocimiento simbólico, principalmente de tipo heurística, adquirido normalmente de forma verbal de un experto, el cual se representa explícitamente en forma de reglas. Mientras que las redes neuronales contienen un conocimiento subsimbólico, que los expertos no saben explicitar porque está poco elaborado, pero que se puede obtener del análisis de un conjunto de ejemplos anteriores contenidos en una base de datos (Escuela Universitaria de Estudios Empresariales, 2009).

Ahora bien, aunque en la práctica resulta difícil encontrar tareas que requieren un sólo tipo de estos conocimientos en estado puro, lo más frecuente es que en las tareas están implicados ambos tipos de conocimientos, el conocimiento simbólico y el conocimiento subsimbólico, integrar ambas tecnologías con el fin de optimizar las soluciones (Escuela Universitaria de Estudios Empresariales, 2009).

Para realizar un sistema experto integran dos personas el Experto del Dominio (profesional X) y un Ingeniero de Conocimiento (programador), que estos van enlazar sus experiencias almacenándolos en la Base de conocimientos que mediante la interface va a permitir al usuario llegar a comunicarse con el motor de inferencia, el cual es va a tomar la decisión de aplicar todo lo almacenado en la base de conocimientos.

La Base de conocimiento nos halla la base datos y esta esta compuestas por lenguajes de predicado, esta es uno de los componentes que contiene el conocimiento del experto o



también llamado base de datos, su función es almacenar experiencias, conocimientos de una determinada área.

**Tabla 2. 2 Diferencia entre Sistema Expertos Y las Redes Neuronales**

<b>SISTEMAS EXPERTOS</b>	<b>REDES NEURONALES ARTIFICIALES</b>
Tienen capacidades para que los usuarios los desarrollen, pero es preferible que lo hagan profesionales cualificados dadas las complicaciones que entraña la adquisición	Tienen capacidades para que los usuarios las desarrollen, y pueden hacerlo incluso aquellos con poca formación.
Las reglas deben estar claramente identificadas. Difíciles de desarrollar en aquellas decisiones que se toman de forma	No hay que identificar las reglas. Muy adecuadas para decisiones tomadas de forma intuitiva.
Torpes en el reconocimiento de patrones y el análisis de datos, como los	Muy adecuadas para éstas últimas aplicaciones,
No son tolerantes a los fallos	Muy tolerantes a los fallos
la aplicación debe ajustarse a uno de los esquemas de representación de conocimientos.	Se puede intentar con las redes de neuronas artificiales si la aplicación no se ajusta a uno de los esquemas de representación del
El rendimiento del experto humano que Ayudó a crear el sistema experto establece un límite en el rendimiento teórico de éste	las redes de neuronas artificiales superan a los expertos humanos en determinadas aplicaciones, como los pronósticos.
Los sistemas expertos no son útiles para dar validez a la corrección desarrollo de un sistema de redes neuronales artificiales	Las redes de neuronas artificiales en ciertos casos son útiles para validar la corrección del desarrollo de un sistema experto

**Fuente: (Slater, J., Hazen, J. Y Sakthivel. S, 2003)**

## **2.5. OBESIDAD INFANTIL**

La obesidad es una enfermedad crónica con repercusiones negativas para la salud y existe una asociación clara y directa entre el grado de obesidad y la morbilidad<sup>4</sup>, de hecho,

está vinculada al 60 por ciento de las defunciones debidas a enfermedades no contagiosas: cardiovasculares, cáncer o diabetes.

La obesidad infantil es un trastorno nutricional muy frecuente y de prevalencia creciente en España. Su impacto actual y futuro puede ocasionar consecuencias muy negativas para el desarrollo y la calidad de vida de estas personas con exceso ponderal. Además, repercute en la adaptación social y el desarrollo psicológico del niño.

La epidemia de obesidad representa el mayor desafío para la salud pública europea en el siglo XXI porque representa un factor de riesgo de varias enfermedades crónicas y supone un grave problema económico por los altos costos que se derivan de su atención. La obesidad infantil tiene especial trascendencia porque muchos niños obesos seguirán siéndolo al convertirse en adultos, a menos que adopten y mantengan unos patrones más saludables de comer y hacer ejercicio (Santos Muñoz, S, 2010).

La obesidad se define como un aumento del peso corporal debido a un exceso de grasa que hace peligrar seriamente la salud. Es una enfermedad metabólica multifactorial, influida por elementos sociales, fisiológicos, metabólicos, moleculares y genéticos.

Algunas personas son más susceptibles de ganar peso debido a razones genéticas, pero la combinación de una alimentación inadecuada y la tendencia a realizar menos actividad física relacionada con el mayor tiempo dedicado a actividades sedentarias explica la mayor parte del espectacular incremento de la obesidad infantil en los últimos 15 años en nuestro país. Por tanto, los malos hábitos de alimentación y un estilo de vida sedentaria son los principales factores responsables (Michel Montignac, 2010).

Este incremento excesivo del peso corporal se debe fundamentalmente al aumento del tejido adiposo y en menor medida del tejido muscular y masa esquelética. Para determinar si una persona es obesa o si tiene sobrepeso, el parámetro de medición más utilizado es el "índice de masa corporal" ( $IMC = \text{peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros}$ ). Debido a que el IMC de los niños varía con la edad, diferentes puntos de corte

han sido utilizados para definir sobrepeso y obesidad en función de la edad. Los criterios más usados a nivel internacional para clasificar sobrepeso y obesidad en la infancia y en la adolescencia son los siguientes:

- El sugerido por el comité norteamericano de expertos para la obesidad del niño<sup>9,10</sup> que define como niño con sobrepeso aquel que tiene un índice de masa corporal con el percentil entre 85 y 95 – según edad y sexo – y niño obeso aquel que tiene un índice de masa corporal con el percentil superior a 95.
- El recomendado por el International Obesity Task Force (IOTF) que propone un punto de corte proyectado de un índice de masa corporal (IMC) del adulto de 25 para el sobrepeso e igual o superior a 30 para definir obesidad<sup>11</sup>.
- La referencia utilizada está basada en seis bases de datos de diferentes países. Este criterio es el más utilizado en España, especialmente por la Sociedad Española para el Estudio.

### **2.5.1. CAUSAS DE LA OBESIDAD INFANTIL**

La obesidad infantil está considerada actualmente como la epidemia del siglo XXI, si los hábitos alimenticios y el estilo de vida de las familias no lo remedian. Según los especialistas en temas de obesidad, los cambios alimenticios y las nuevas formas de vida sedentarias son los principales desencadenantes en el aumento de la obesidad infantil.

La elección de los alimentos por parte de los padres para confeccionar una dieta equilibrada para toda la familia y la realización de actividad física a diario son los factores que más pueden contribuir a que los niños no presenten sobrepeso.

#### **2.5.1.1. COMIDAS ATRACTIVAS PARA LOS NIÑOS**

Muchos padres tienen que dividirse entre las múltiples tareas, laborales y domésticas, y les resulta más cómodo ofrecer una comida rápida a sus hijos. Empiezan con los bollos industriales, siguen los 'nuggets' (rebozados preparados de pollo), y terminan con las chuches. Día tras día, estos hábitos alimenticios se convierten en una mala costumbre. Las

comidas resultan muy atractivas por su aspecto, pero no llevan los nutrientes ni las vitaminas necesarias para que los niños crezcan fuertes y sanos.

Para esos padres, normalmente los que nunca tienen tiempo, lo más importante es saciar el hambre de sus hijos, sin preocuparse si están o no comprometiendo el futuro de su salud. Los padres, del mismo modo que muchos abuelos, también pecan con la preocupación exagerada por la cantidad de comida que consumen los niños. Les ofrecen unos menús sin considerar los controles cuanto a las grasas, azúcares, y otros componentes que solo engordan. Existen más informaciones sobre el tema, pero los hábitos siguen cambiando para peor.



**Figura 2. 15 Comidas sin Nutrientes para los niños**

Fuente: (Bultó, 2016)

Lo ideal, según los expertos, es que un niño consumiera unas dos mil calorías diarias y que, la mitad de ellas, fuese cubierta por los hidratos de carbono, un tercio por las grasas y el resto por proteínas. Pero, en lugar de comer pan, arroz o legumbres, los niños están comiendo dulces, refrescos y golosinas.

#### **2.5.1.2. SEDENTARISMO Y OBESIDAD INFANTIL**

Aparte del consumo de alimentos con alto contenido en grasas y azúcares, el sedentarismo de muchos niños les hace más obesos. El practicar una actividad física es esencial a su crecimiento y a su salud. El estilo de vida que llevan los niños también ha cambiado

mucho. La mayoría de las actividades que realizan se concentran en torno a la televisión, al ordenador y a los videojuegos. Muchas familias, por la falta de tiempo o por comodidad, acaban dejando a los niños delante de la televisión toda una tarde, en lugar de llevarlos al parque o a cualquier otra actividad que les favorezcan más.

Los juegos al aire libre, las excursiones, los deportes, etc., son cada día sustituidos por actividades sedentarias. Según las últimas encuestas, los niños españoles pasan una media de 2 horas y media diarias viendo la televisión y media hora adicional jugando a los videojuegos o conectados a la Red.



**Figura 2. 16 Sedentarismo Infantil**

Fuente: (Dema, 2015)

### **2.5.1.3. FALTA DE ACTIVIDAD FÍSICA EN LOS NIÑOS**

Existen, además del mal hábito alimentario y la falta de actividad física, que son los que encabezan los motivos por los que la sociedad tenga sobrepeso, otros factores que determinan la obesidad infantil. Puede haber influencias sociales, fisiológicas, metabólicas y genéticas. Un niño con padres obesos, por ejemplo, estará predispuesto a ser obeso también. Sea por una cuestión social, de mal hábito alimentario, o por genética. También se puede presentar obesidad en caso de que el niño sufra algún trastorno psicológico.



**Figura 2. 17 Falta de Actividad Física**

Fuente: (Trujillo, 2009)

#### **2.5.4. PREVENCIÓN DE LA OBESIDAD INFANTIL**

El hábito de seleccionar bien los alimentos, lo que no se consigue cambiar durante su infancia, más difícil será el tratamiento o la corrección en las décadas posteriores. La niñez es una etapa en la que todo (o casi todo) es posible en lo relacionado con los hábitos y conductas.

En esta etapa se ordena la personalidad, y se establece patrones que serán la base del comportamiento del niño en la edad adulta. En razón de eso, es necesario que todos, los que están directa o indirectamente relacionados al mundo infantil, concentren sus esfuerzos para que la educación del niño sea la mejor posible. Eso le proporcionará una vida sana en todos los sentidos. Es necesario estar consciente de que la salud es una pieza importante para el equilibrio de los niños.

##### **2.5.4.1. EL HÁBITO DE ALIMENTARSE BIEN DESDE LA INFANCIA**

Uno de los hábitos que puede prevenir la obesidad infantil es crear la costumbre en el niño de alimentarse bien. Darle el alimento adecuado desde su nacimiento es la mejor forma de mantenerlo con buena salud. Y todo empieza con la leche materna, y luego con las papillas

y después con los menús. Es necesario que el niño pruebe de todo un poco, que su alimentación sea variada y completa hasta por lo menos los dos años de edad. Aparte de este hábito de seleccionar bien los alimentos que damos a los niños, es necesario crear, paralelo a este, el hábito de compartir la comida, mesa, y compañía.



**Figura 2. 18 Alimentación Saludable para los niños**

Fuente: (Caraballo, 2005)

#### **2.5.4.1.1. HÁBITOS ALIMENTICIOS SALUDABLES PARA LOS NIÑOS**

La obesidad no es accidental. Se puede prevenir respetando algunas sugerencias concedidas por el Ministerio de Sanidad, en España:

1. **Variedad de alimentos:** La alimentación es equilibrada y de que contiene todos los nutrientes necesarios.



**Figura 2. 19 Variedad de Alimentos para la Dieta**

Fuente: (Delgado, 2011)

2. **Carbohidratos:** Los cereales (pan, pasta, arroz, etc.), las patatas y legumbres deben constituir la base de la alimentación, de manera que los hidratos de carbono representen entre el 50% y el 60% de las calorías de la dieta.



**Figura 2. 20 Alimentos contenidos en Carbohidratos**

Fuente: (Hernandez)

3. **Grasas Saturadas:** Se recomienda que las grasas no superen el 30% de la ingesta diaria, debiendo reducirse el consumo de grasas saturadas y ácidos grasos.



**Figura 2. 21 Alimentos contenidos en Grasas**

Fuente: (Manera, 2012)



4. **Proteínas:** Las proteínas deben aportar entre el 10% y el 15% de las calorías totales, debiendo combinar proteínas de origen animal y vegetal.



**Figura 2. 22 Alimentos contenidos en proteínas**

5. **Verduras, Frutas y Verduras:** Se debe incrementar la ingesta diaria de frutas, verduras y hortalizas hasta alcanzar, al menos, 400 gr./día. Eso es, consumir, como mínimo, 5 raciones al día de estos alimentos.



**Figura 2. 23 Alimentos naturales verduras, frutas y hortalizas**

6. **Alimentos contenidos en Azúcar:** Moderar el consumo de productos ricos en azúcares simples, como golosinas, dulces y refrescos.



**Figura 2. 24 Alimentos ricos en azucares**

7. **Sal:** Reducir el consumo de sal, de toda procedencia, a menos de 5 gr./día, y promover la utilización de sal yodada.



**Figura 2. 25 Consumo de Sal**

8. **Agua:** Beber entre uno y dos litros de agua al día.



**Figura 2. 26 Consumo de Agua**

9. **Desayuno:** Prescindir de un desayuno completo compuesto por lácteos, cereales (pan, galletas, cereales) y frutas. De esta manera se evita o reduce la necesidad de consumir alimentos menos nutritivos a media mañana y se mejora el rendimiento físico e intelectual en el colegio.



**Figura 2. 27 Desayuno Variado**

10. **Actividades de Alimentación:** Involucrar a todos los miembros de la familia en las actividades relacionadas con la alimentación: hacer la compra, decidir el menú semanal, preparar y cocinar los alimentos.



**Figura 2. 28 Participación de actividades Alimenticias**

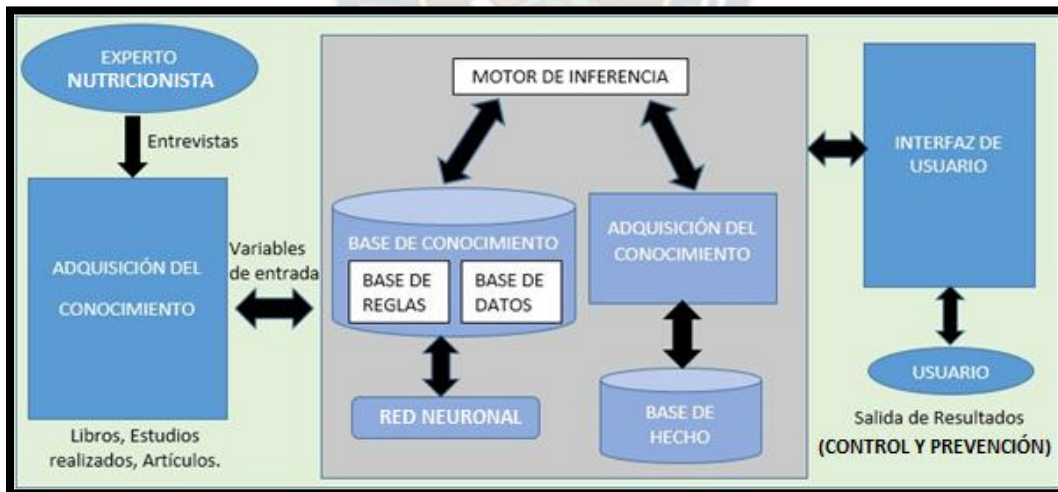
## CAPÍTULO III MARCO APLICATIVO

### 3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se dará énfasis al desarrollo del sistema experto propuesto, como es sabido su objetivo principal es igualar el comportamiento de los expertos humanos.

El análisis del Sistema Experto para el Control y Prevención de la Obesidad Infantil hace uso de los métodos y técnicas descritas en el capítulo anterior “Marco Teórico”, para el diseño del sistema se utiliza la metodología de Buchanan, la cual se define de acuerdo a la Base de Conocimiento y Motor de Inferencia, es en esta etapa donde el experto humano y el ingeniero de conocimiento toman el papel más importante, porque su trabajo consiste en analizar, formalizar y estructurar el conocimiento obtenido.

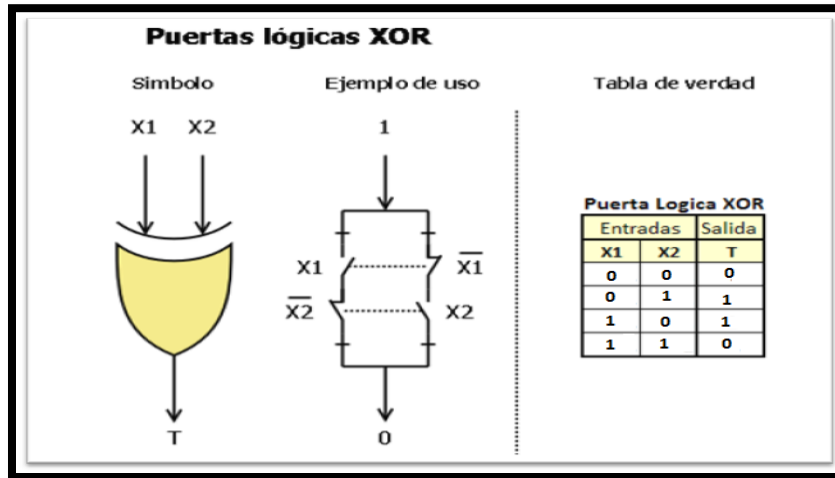
Dentro de la metodología Buchanan que consta de una serie de etapas las cuales mencionamos a continuación: Fase 1. Identificación; Fase 2. Conceptualización; Fase 3. Formalización; Fase 4. Implementación, Fase 5. Testeo y Fase 6. Revisión del Prototipo.



**Figura 3. 1 Estructura del Sistema Experto de la enfermedad propuesta**

Fuente: (Modificado de Samper, 2004)

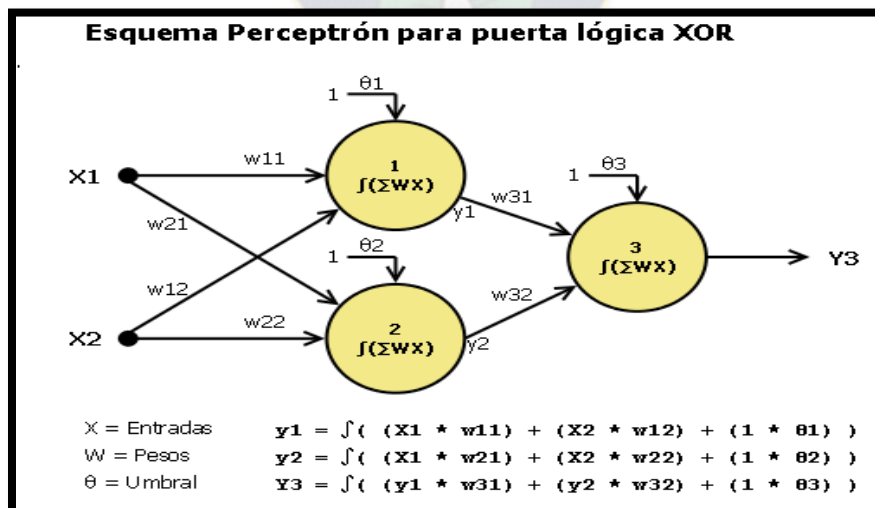
Dentro de la metodología Buchanan, en la fase 4, se hace uso del motor de inferencia identificado por la función OR, que utiliza la siguiente tabla:



**Figura 3. 2 Función XOR**

Fuente: Elaboración Propia

En la base de reglas que se utiliza para las redes neuronales utilizando el mecanismo de aprendizaje que se basa en un algoritmo de aprendizaje no supervisado, donde cada regla es asignada por un valor entre [-1,1], de esta manera es como se refleja el funcionamiento del Sistema Experto.



**Figura 3. 3 Esquema Perceptrón para lógica XOR**

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

Para el presente trabajo se utiliza la metodología de Buchanan que se basa en adquisición de conocimiento de diversas fuentes. El desarrollo se constituye de las siguientes fases:

### **3.2.1. FASE 1: IDENTIFICACIÓN**

Se realiza un sistema experto para el control y prevención de la obesidad infantil, primeramente se procedió a detallar a los participantes en el proyecto en este punto se encuentran las personas que desarrollan el sistema experto.

- **Experto en el área:** El área de este sistema experto corresponde al ámbito del proceso de control y prevención de la Obesidad Infantil. Entre los expertos tenemos: Nutriólogos y pacientes que se han realizado el control. Ellos son los que proporcionan sus conocimientos y experiencias.
- **Ingeniero de Conocimiento:** Es la persona que se encarga de realizar el sistema experto para el control y prevención de la Obesidad Infantil. Las tareas a realizar son: Planificación, Gestión y Control de Proyecto, Interacción con los directivos, Experto y Usuarios, Análisis de Viabilidad, Adquisición de Conocimiento y Conceptualización, ayuda asesora en la Formalización del Sistema y el Diseño de Software, Supervisa la ayuda y asesora en la Formalización realiza la Validación, Controla el mantenimiento, etc.
- **Usuarios:** El control de Sistema Experto está orientado a los usuarios que se encargan de realizar el control y prevención de la Obesidad Infantil.

### **3.2.2. FASE 2: CONCEPTUALIZACIÓN:**

A continuación se especificara los principales conceptos e información que hará que el desarrollo del sistema tenga mayor claridad para los usuarios.

La conceptualización para el desarrollo del sistema incluye todos los elementos que intervienen en la solución del problema (conceptos, procedimientos, etc.). La información que se obtuvo con el experto, recursos de Salud también por observaciones, datos gráficos

(imágenes, dibujo, diagramas, etc.). A medida que se obtiene el conocimiento es necesario depurarlo, seleccionando los conceptos básicos que harán posible el funcionamiento del sistema.

### **3.2.2.1. ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO**

La adquisición de conocimiento es muy importante para elaboración del sistema experto, la investigación ya fue especificada en la etapa de conceptualización donde se explicaba. Consiste básicamente en el entendimiento del problema, el análisis de la investigación realizada.

- La Obesidad Infantil es un cuadro en el que el niño tiene un peso inadecuado según su sexo, edad y estatura. Un grado menor sería el de sobrepeso, motivo por el cual la evaluación siempre debe hacerla un pediatra o un nutricionista, ya que el enfoque en ambos casos pueden ser diferentes en función de muchos factores.
- La Obesidad Infantil en si no es una enfermedad, pero es un factor de riesgo para padecer enfermedades y para reducir la calidad de vida (presente y futura) de los niños que la padecen.
- La Obesidad en niños pequeños es un tema serio, preocupante y que nunca puede ser tomado a la ligera. Tan importante es prevenirla como el enfocarse adecuadamente en el caso de que se presente.
- La mayor parte de los casos (más del 95%) son denominados casos genéticos o nutricionales. Estos se ven en niños normales y de talla normal en los que suele existir un exceso de ingesta de calorías con respecto a lo que se gasta. Esto genera un balance positivo que hace que las calorías sobrantes se almacenen en el organismo en forma de grasa.
- Es cierto que estos casos pueden estar influidos por ciertos factores genéticos, como algunas hormonas que controlan la sensación de hambre o saciedad y la acumulación de grasa.
- La mayoría de los casos de obesidad infantil se produce por un desequilibrio entre el



consumo y el gasto de calorías que además en muchos casos podría ser relativamente solucionable.

- El problema reside en que si juntamos una dieta relativamente poco variada pero rica en alimentos de bajo valor nutricional (golosinas, dulces, refrescos) y sedentarismo, terminara un peso del todo inadecuado.

**a) Descripción de Variables de Entrada**

Las variables de entrada se toman en cuenta en esta presentación para determinar el control de infante que se detalló en las siguientes tablas estos son requisitos solidos dentro del perfil.

Los síntomas que presenta Obesidad Infantil se divide en tres grupos: Consumo de Alimentos, Tipos de alimento de consumo, Actividad que realiza el infante. Los cuales se mostraran en las siguientes tablas:

**Tabla 3. 1 Variables de Entrada**

<b>Datos de Obesidad Infantil</b>	<b>Variable lingüístico</b>	<b>Valor Lingüístico</b>
Edad 5 años	ED5	(SI, NO)
Edad 6 años	ED6	(SI, NO)
Edad 7 años	ED7	(SI, NO)
Edad 8 años	ED8	(SI, NO)
Elija su peso15 en (kg)	PE15	(SI, NO)
Elija su peso16 en (kg)	PE16	(SI, NO)
Elija su peso17 en (kg)	PE17	(SI, NO)
Elija su peso18 en (kg)	PE18	(SI, NO)
Elija su peso25 en (kg)	PE25	(SI, NO)
Elija su peso26 en (kg)	PE26	(SI, NO)
Elija su peso27 en (kg)	PE27	(SI, NO)
Elija su peso28 en (kg)	PE28	(SI, NO)

Fuente: (Elaboración Propia)

**Tabla 3. 2 Alimentación variables de entrada**

<b>Alimentación variables de entrada</b>	<b>Variable lingüístico</b>	<b>Valor Lingüístico</b>
Consume alimentos saludables	CAS	(SI, NO)
Consume alimentos poco saludables	CAPS	(SI, NO)
Consume alimentos no saludables	CANS	(SI, NO)

Fuente: (Elaboración Propia)

**Tabla 3. 3 Alimentos variables de entrada**

<b>Alimentos variables de entrada</b>	<b>Variable lingüístico</b>	<b>Valor Lingüístico</b>
Consume alimentos contenidos en grasa	CACG	(SI, NO)
Consume carbohidratos	CCA	(SI, NO)
Consume verduras, frutas y hortalizas	CVFH	(SI, NO)
Consume golosinas, dulces y refrescos	CGDR	(SI, NO)
consumo de agua	CH2O	(SI, NO)
Consume alimentos contenidos en proteínas	CAPRO	(SI, NO)
Consume lácteos	CLA	(SI, NO)

Fuente: (Elaboración Propia)

**Tabla 3. 4 Actividades variables de Entrada**

<b>Actividades variables de Entrada</b>	<b>Variable lingüístico</b>	<b>Valor Lingüístico</b>
Practica algún deporte	PDE	(SI, NO)
Juega en el parque	JPQ	(SI, NO)
Sale a correr	SCCO	(SI, NO)
Sale a caminar	SCA	(SI, NO)
Mira la televisión mas de 3 horas	MTV	(SI, NO)

Usa los videojuegos o la computadora todos los días	UVPC	(SI, NO)
Duerme durante el día	DDI	(SI, NO)
Proviene de una familia con sobrepeso	FSOP	(SI, NO)
Ayuda en las tareas de la casa	ATCA	(SI, NO)

Fuente: (Elaboración Propia)

### b) Variables para determinar el Control

Las variables de control corresponden de acuerdo a los síntomas que presenta el paciente, ya que la obesidad Infantil, se puede controlar para no sufrir mayores consecuencias, para sus diversos síntomas y así poder sobrellevar la obesidad infantil de mejor manera. A continuación se muestran las tablas correspondientes a los tres tipos de síntomas ya presentados anteriormente.

**Tabla 3. 5 Variables de Salida**

<b>CONTROL Y PREVENCIÓN: No sufre Obesidad</b>
Control de peso
Asistir al nutricionista cada mes
Consumir alimentos saludables
Tener una alimentación variada
Realizar algún deporte
Disminuir el uso de computadora y televisión
Salir a caminar frecuentemente
Apoyar en las tareas de la casa

Fuente: (Elaboración Propia)

**Tabla 3. 6 Variables de Salida Sufre Sobrepeso**

<b>CONTROL Y PREVENCIÓN: Sufre Sobrepeso</b>
Control de peso
Asistir al nutricionista cada 2 semanas
Consumir alimentos saludables
Tener una alimentación variada
Realizar algún deporte
Disminuir el uso de computadora y televisión
Salir a caminar frecuentemente
Apoyar en las tareas de la casa

Fuente: (Elaboración Propia)

**Tabla 3. 7 Variables de Salida Sufre Obesidad Infantil**

<b>CONTROL Y PREVENCIÓN: Sufre Sobrepeso</b>
Control de peso
Asistir al nutricionista cada semana
Consumir alimentos saludables
Tener una alimentación variada
Realizar algún deporte
Disminuir el uso de computadora y televisión
Salir a caminar frecuentemente
Apoyar en las tareas de la casa

Fuente: (Elaboración Propia)

### **3.2.3. FASE 3: FORMALIZACIÓN:**

El ingeniero de conocimiento debe formalizar el conocimiento obtenido del experto. Esta tarea implica definir que arquitecto permitir una mejor organización del conocimiento. Es necesario elegir la organización, lenguaje y medio ambiente de programación adecuada para la aplicación particular.

La organización se realizara mediante el Perceptrón de las redes neuronales.

#### **3.2.3.1. DESCRIPCIÓN FORMAL DE MODELO**

Un Sistema Experto en reglas tiene elementos importantes:

- Los datos que son los valores que toman las variables en una situación particular, los mismos pueden variar en las distintas aplicaciones, no son permanentes y se almacenan en la memoria de trabajo.
- La base de conocimiento que representa el conocimiento de los expertos humanos y consiste en un conjunto de reglas que gobiernan las relaciones entre variables.

Si bien se considera que el proceso de inferencia de un Sistema Experto puede ser modelado como una función  $f$  de mapeo de un espacio  $n$ -dimensional a otro  $m$ -dimensional, entonces se puede utilizar una red neuronal para realizar el proceso de inferencia, la misma

debería ser capaz de encontrar una función de mapeo  $f$  que verifique las siguientes condiciones:

$$f': (x, w) \rightarrow y \quad (1)$$

$$f': (x, w) = y \quad (2)$$

**Dónde:**

x: Representa los valores de entrada a la red, almacenados en un vector.

w: Representa la matriz de pasos de la red, dichos valores están en el rango [-1, 1]

y: Representa de los valores de salida de la red

**3.2.3.2. COMPONENTES DEL MODELO**

Haciendo un análisis al proceso de control y prevención de Obesidad Infantil, sea visto la complejidad que tiene que exige la valoración de distintos factores que interactúen se determina como componente del modelo los siguientes elementos:

a) **Base de conocimiento**

La base de conocimiento se construyó a partir de la información obtenida de parte de los expertos humanos y documentación obtenida de la Obesidad Infantil, disponibles para objeto de estudio.

En este sentido de representación del conocimiento más adecuado para el control y prevención son los hábitos alimenticios que el paciente que presentan, entonces para fines de control se tomara a la reglas de producción ponderando por un índice de conformación C, que opera en la medida que se verifique la parte del antecedente formada por un conjunto de proposiciones.

Así las reglas tendrán la siguiente forma:

MIENTRAS (Conjunto de proposiciones)

ENTONCES (Control)(C)

Para poder obtener estas reglas necesitamos conocer los diferentes casos que podrían llevar a una persona realizarse un control y prevención de la Obesidad Infantil, los posibles factores para el control y prevención de la Obesidad Infantil es por los hábitos alimenticios del paciente.

La base de conocimientos contiene todos los hechos y reglas del dominio de aplicación, la base de hechos y reglas se contiene a través de una entrevista con el paciente otra con el médico.

**b) Base de Hechos**

- El infante consume alimentos saludables.
- El infante consume alimentos poco saludables.
- El infante consume alimentos no saludables.
- El infante consume alimentos contenidos en grasas.
- El infante consume alimentos contenidos en carbohidratos.
- El infante consume verduras, frutas y hortalizas.
- El infante consume golosinas, dulces y refrescos.
- El infante consume agua.
- El infante consume alimentos contenidas en proteínas.
- El infante consume alimentos lácteos.
- El infante practica algún deporte.
- El infante participa jugando en el parque.
- El infante sale a correr.
- El infante sale a caminar.
- El infante ve la televisión mas de 3 horas.

- El infante utiliza los videojuegos o computadoras todos los días.
- El infante proviene de una familia con sobrepeso
- El infante duerme durante el día.
- El infante duerme durante el día.
- El infante ayuda en las tareas de la casa.

### c) **Base de Reglas**

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

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

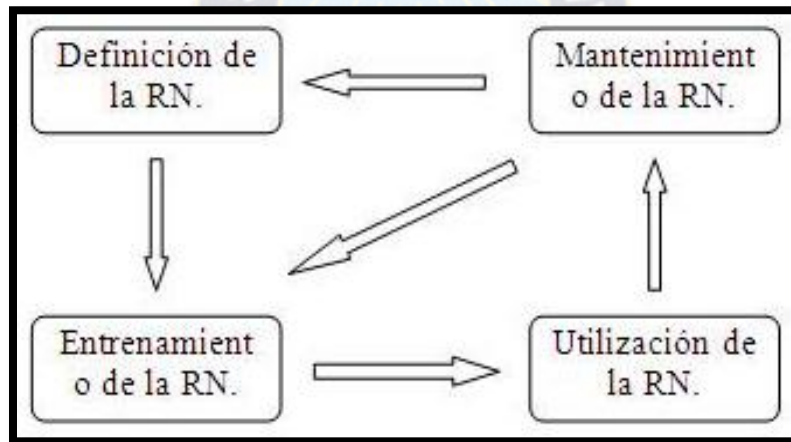
Las reglas permitirán el representar el conocimiento del experto en la Obesidad Infantil y las reglas de producción (forma de representar el conocimiento) se presentan de la siguiente manera:

1. **SI** ED5 = "Si" OR PE15 = "Si" OR CAS = "Si" OR PDE = "Si" OR JPQ = "Si" OR SCCO = "Si" OR SCA = "Si" OR MTV = "No" OR UVPC = "No" OR DDI = "No" OR FSOP = "No" OR ATCA = "Si" **ENTONCES** "El infante **NO** sufre de **obesidad infantil, el infante se encuentra saludable, ya que consume alimentos saludables, realiza actividades físicas, participa en las actividades que relacionan con la alimentación y ayuda en tareas en la casa**".
2. **SI** ED5 = "Si" OR PE25 = "Si" OR CAPS = "Si" OR CACG = "Si" OR CCA = "Si" OR CVFH = "No" OR CGDR = "Si" OR CH2O = "No" OR CAPRO = "Si" OR CLA = "Si" OR PDE = "No" OR JPQ = "Si" OR SCCO = "No" OR SCA = "Si" OR MTV = "Si" OR UVPC = "Si" OR DDI = "No" OR FSOP = "Si" OR ATCA = "Si" **ENTONCES** "El infante sufre de **Sobrepeso, el infante no realiza actividad física, consume alimentos poco saludables que no favorecen a la salud del infante**".
3. **SI** ED5 = "Si" OR PE35 = "Si" OR CANS = "Si" OR CACG = "Si" OR CCA =

“Si” OR CVFH = “No” OR CGDR = “Si” OR CH2O = “No” OR CAPRO = “Si” OR CLA = “Si” OR PDE = “No” OR JPQ = “No” OR SCCO = “No” OR SCA = “No” OR MTV = “Si” OR UVPC = “Si” OR DDI = “Si” OR FSOP = “Si” OR ATCA = “No” **ENTONCES “El infante sufre Obesidad, el infante no realiza actividad física a la vez sufre de sedentarismo, consume alimentos no saludables que no favorecen a su salud, el infante es más propenso a contraer otras enfermedades posteriores (diabetes, hipertensión y otros)”**”.

### 3.2.3.3 DISEÑO DE LA RED NEURONAL

Para el diseño de la red neuronal en el sistema se utilizara una metodología que utilizan las redes neuronales, comprende varias fases o etapas que permitirán su desarrollo y validación de su estructura.



**Figura 3. 4 Ciclo de vida de una red neuronal**

Fuente: (Elaboración propia)

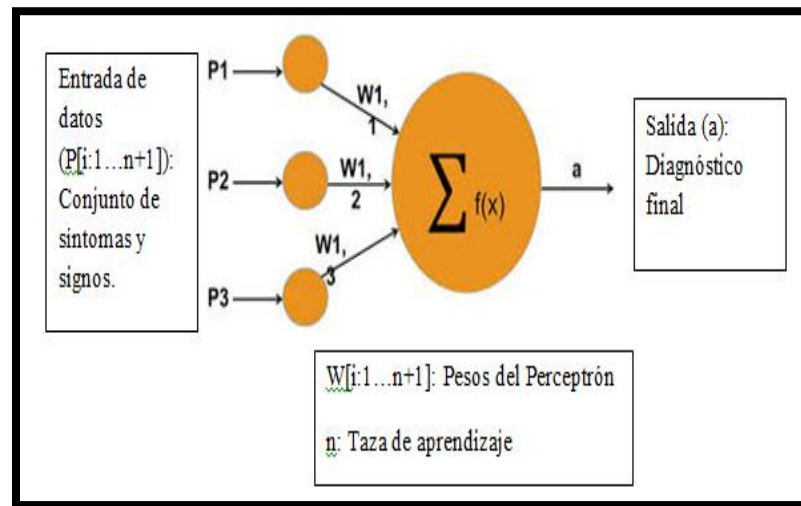
#### a) Definición de la red neuronal

Esta fase comprende la elección del modelo de red y obtención del conjunto de variables significativas para la resolución del problema.

La definición de la red neuronal, también es entendida como una selección del paradigma neuronal, en la cual se debe tener en consideración los siguientes aspectos:



- Tamaño de la red. Selección del tamaño de la red.
- Tipo de problema a resolver. La salida de la red puede ser interpretada de diversas formas: optimización o clasificación.
- Tipo de asociación. Está dividida en dos tipos: la memoria auto-asociativa (aprendizaje no supervisado) y la memoria hetero-asociativa (aprendizaje supervisado).



**Figura 3. 5 Componentes del Sistema Experto**

Fuente: (Elaboración Propia)

#### b) Características del diseño neuronal

- ❖ **Objetivo de la red:** Determinar un diagnóstico a partir de la información proporcionada por un experto en el área y demás documentación obtenida.
- ❖ **Topología de la red:** Se considera una red compuesta por una capa de entrada y una capa de salida.
- ❖ **Mecanismo de aprendizaje:** El mecanismo de aprendizaje se basa en un algoritmo de aprendizaje no supervisado.
- ❖ **Representación de la información:** Es de tipo analógica, ya que son valores reales. La entrada estará relacionada de acuerdo a los síntomas según el grado de importancia, de esta manera la salida se considera un valor real.

Las funciones de transferencia pueden tener muchas formas y métodos, siendo estas simples o complejas. A la función de transferencia también se le conoce como umbral (*threshold*).

Para la activación o la inactivación de la salida de la red, se tiene que determinar las funciones de activación de las neuronas de la capa oculta y de la capa de salida, y definir los algoritmos de entrenamiento con propagación hacia atrás.

### c) Funciones de Transferencia Utilizados

Cada unidad de proceso tiene asociado cierta función de transferencia, que transforma el estado actual de activación en señal de salida dirigida a la siguiente capa de la red neuronal. La importancia de utilizar una función de transferencia específica radica en la forma de tratar los valores dentro la estructura de la red neuronal.

Entre las funciones de Transferencia utilizadas se encuentran:

- ✓ Función Logaritmo Sigmoidal.

#### 1. Función Logaritmo Sigmoidal

Ésta función se define como una función exponencial. Es uno de los métodos de transferencia utilizados por las redes neuronales, devuelve datos normalizados en el rango de 0 a 1, representado por la siguiente fórmula:

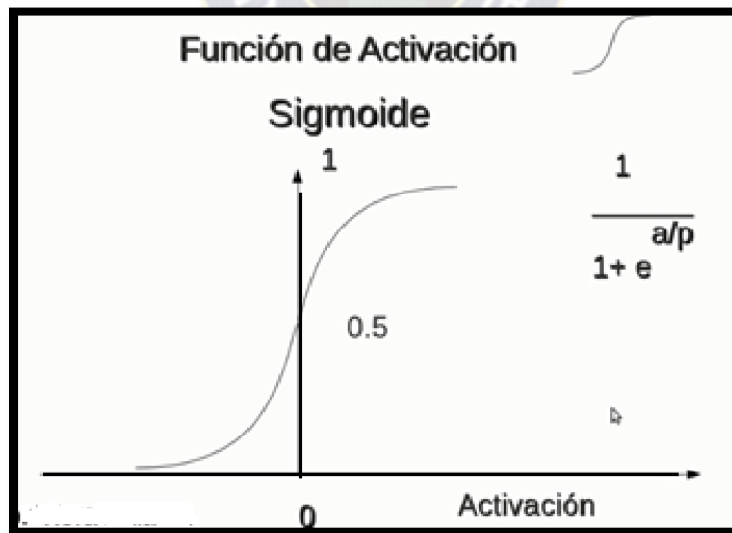


Figura 3. 6 Función de Activación Logaritmo Sigmoidal

Las redes neuronales de varias capas presentan una serie de restricciones que se deben tener en cuenta a la hora de determinar la estructura óptima de la red. Entre otros aspectos, se encuentra la imposibilidad de conexión con capas anteriores y de conexión entre neuronas de una misma capa, como la existencia de una sola capa de entrada y otra de salida.

Otro problema que se plantea es la selección del número de capas ocultas de la red y del número de neuronas por capa.

#### d) Entrenamiento de la red neuronal

La fase de entrenamiento comprende inicialmente, la definición de uno de los tipos conocidos como métodos de entrenamiento, este proceso se efectúa mediante un algoritmo de aprendizaje.

El aprendizaje es un proceso de ajuste de los pesos entre las conexiones de las capas. La red posee la propiedad de modificarse en función de la necesidad de aprender la información que se le presentó con anterioridad.

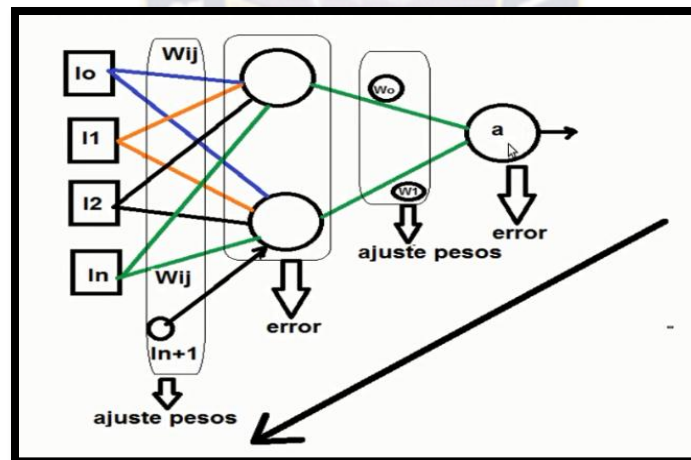


Figura 3. 7 Entrenamiento de la Red Neuronal

#### Procesamiento de aprendizaje

Las neuronas de la capa de entrada, no ejecutan procesamiento alguno. En la capa oculta, cada neurona recibe las señales emitidas por la capa de entrada (patrón de entrada) y ejecuta las siguientes operaciones:

i) Sumatoria de los productos de las variables por sus pesos.

$$A_j = \sum x_i w_j$$

ii) Pasando luego el valor por la función de activación (transferencia) de la neurona, resultando el valor de salida por:

$$y_j = f(A_j)$$

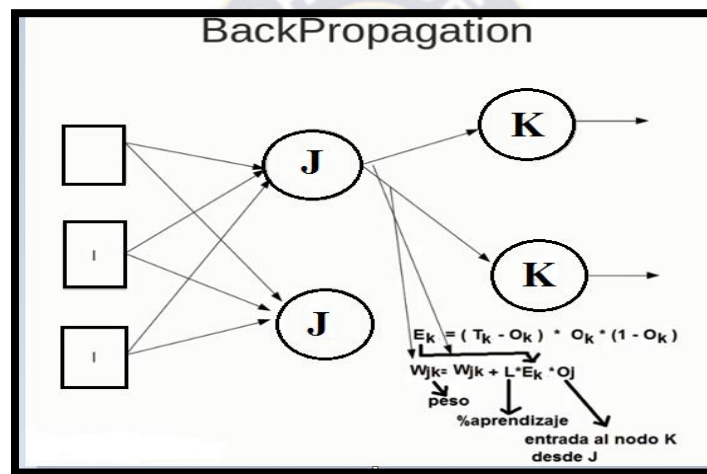


Figura 3. 8 Neurona K

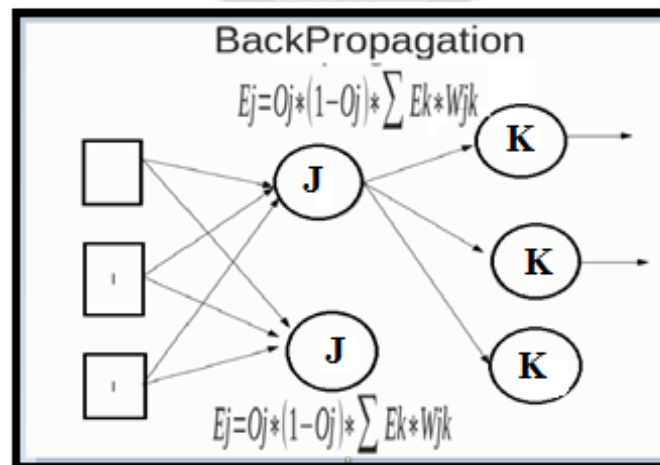
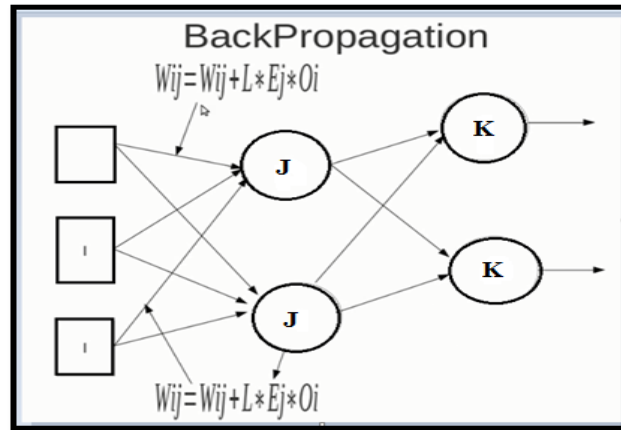
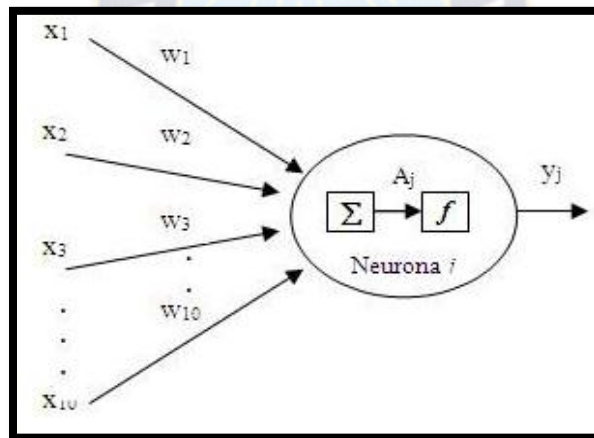


Figura 3. 9 Neurona J



**Figura 3. 10 Fórmula de Pesos de Salida**

La figura 3.11 ilustra el procesamiento ejecutado por una neurona, que recibe el valor de la suma de los productos (pesos por sus correspondientes entradas), este valor posteriormente es enviado por una función de transferencia hacia el exterior de la neurona.



**Figura 3. 11 Procesamiento de una neurona artificial**

Aunque se ha probado que es posible determinar funciones de activación lineales, tangenciales (tangente hiperbólica), gaussiana, la función logística es la que proporciona mejores resultados, por tal razón es recomendable utilizar esta última función.

e) **Utilización de la red neuronal**

El proceso de utilización es la manera por la cual la red responde a un estímulo de entrada. La principal diferencia entre la utilización y el aprendizaje es que la utilización no realiza el

ajuste de los pesos y de la misma forma, no hay un cálculo para la cantidad de errores ocurridos, estos procedimientos se realizan solamente durante el aprendizaje.

**f) Mantenimiento de la red neuronal**

Esta es la última fase del ciclo de vida de la red neuronal, se puede decir que muchas de las redes se entrenan para solucionar problemas de tipo dinámicos. Se requiere de validaciones continuas a medida que pasa el tiempo, por lo tanto es necesario e indispensable validar la arquitectura para garantizar una buena utilización. Durante el tiempo, surgirán nuevos conjuntos de datos reales o desconocidos por la red y de esa forma, será necesario efectuar un nuevo aprendizaje.

**g) Diseño de entradas**

Los valores asignados a las variables de entrada son:

**Tabla 3. 8 Descripción de valores de entrada**

Edad	Peso	Si	No
(0,1)	(0,1)	0	1

Fuente: (Elaboración Propia)

Tomando en cuenta estos valores podemos definir las variables por el conjunto de reglas y hechos (síntomas o signos) a los cuales se les asignó un factor de importancia o peso.

**Tabla 3. 9 Variables de entrada**

Variable	Descripción de la Variable	Valor (0 a 1)
Ed	Elija su edad (5 o 6 o 7 o 8 años)	(0, 1)
Pe	Elija su peso en (kg)	(0, 1)
x1	Consume alimentos saludables, poco saludables y no saludables	(0, 1)
x2	Consume alimentos contenidos en grasa	(0, 1)
x3	Consume carbohidratos	(0, 1)

x4	Consume verduras, frutas y hortalizas	(0, 1)
x5	Consume golosinas, dulces y refrescos	(0, 1)
x6	Tiene poco interés al consumo de agua	(0, 1)
x7	Consume alimentos contenidos en proteínas	(0, 1)
x8	Consume lácteos	(0, 1)
x9	Practica algún deporte	(0, 1)
x10	Juega	(0, 1)
x11	Sale a caminar	(0, 1)
x12	Mira la televisión mas de 3 horas	(0, 1)
x13	Usa los videojuegos o la computadora todos los días	(0, 1)
x14	Duerme durante el día	(0, 1)
x15	Proviene de una familia con sobrepeso	(0,1)
x16	Ayuda en las tareas de la casa	(0,1)

Fuente: (Elaboración Propia)

- **Diseño de Datos**

La estructura a utilizar es la siguiente:

Los datos de entrada están constituidos por los síntomas especificados por el paciente y el médico especialista (Ver tabla 3.2). Los mismos se pueden almacenar en vectores:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

**Tabla 3. 10 Datos de entrada en 2 vectores**

Ed	Pe
----	----

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: (Elaboración Propia)

### h) Datos de Salida

El vector de salida emite los siguientes resultados:

**Tabla 3. 11 Variables de Salida**

<b>Nro</b>	<b>Definiendo control y prevención de la obesidad infantil</b>
1	<b>Infante Saludable</b>
2	<b>Infante con Sobrepeso</b>
3	<b>Infante con Obesidad Infantil</b>

Fuente: (Elaboración Propia)

### **3.2.4 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN**

Para la implementación se utilizarán las herramientas y técnicas predefinidas. Este prototipo está destinado a evaluar los progresos que se van haciendo, y por ende, retorna a etapas anteriores si es necesario.

El objetivo de esta fase es dar a conocer al lector las herramientas con las que se desarrolló el sistema, la documentación necesaria para dar mantenimiento al sistema, así como también el resultado de las pruebas obtenidas en varios ambientes reales.

#### **3.2.4.1 HERRAMIENTAS**

Para la realización del sistema se utilizaron las siguientes herramientas:

**Tabla 3. 12 Herramientas**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>LOGO</b>
Programación de Sistemas Expertos	Prolog	 Prolog

Fuente: (Elaboración Propia)

#### **3.2.4.2 INTERFACES DEL SISTEMA**

- Pantalla Principal

La primera pantalla del sistema es el acceso al sistema, en donde los usuarios pueden acceder a control directamente.





Figura 3. 12 Pantalla Inicial del Sistema

Fuente: (Elaboración Propia)

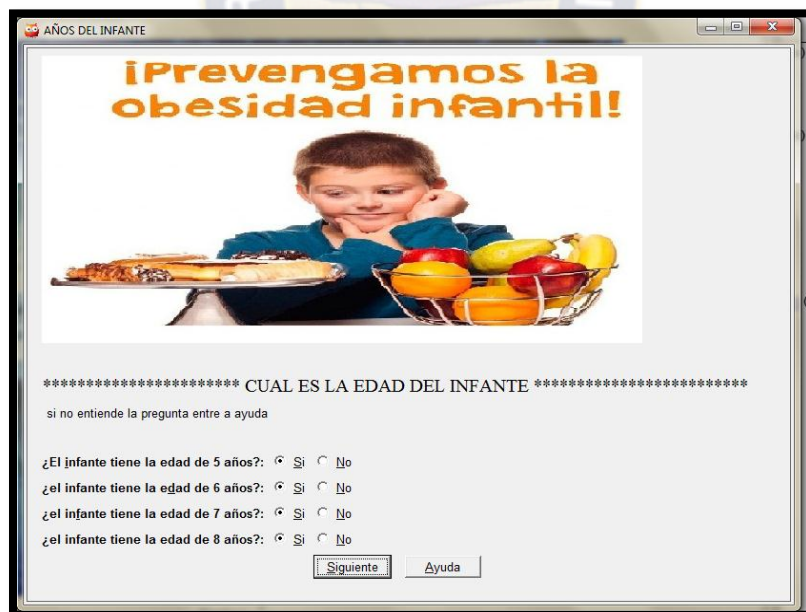
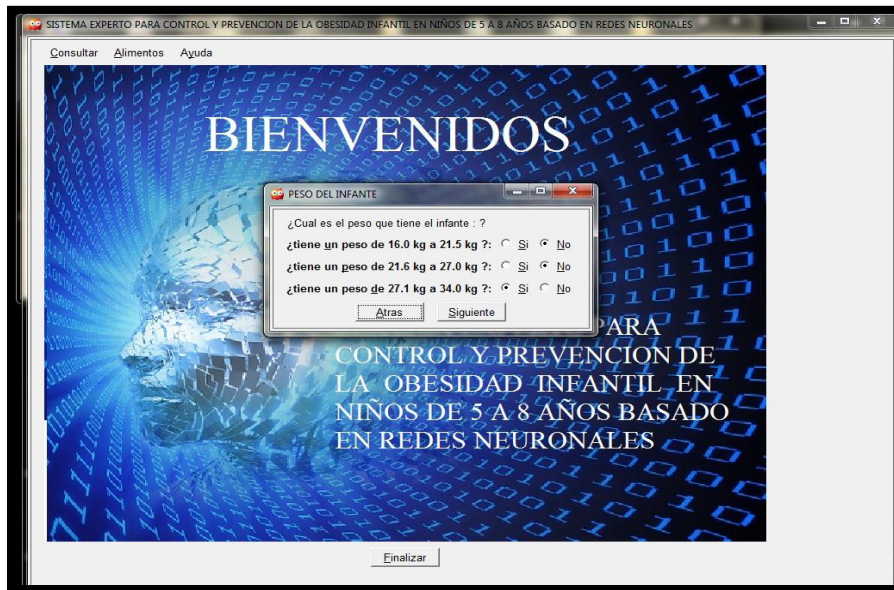


Figura 3. 13 Iniciar el Control de Edad

Fuente: (Elaboración Propia)



**Figura 3. 14 Control de Peso según la edad**

Fuente: (Elaboración Propia)



**Figura 3. 15 Control de Alimentación**

Fuente: (Elaboración Propia)

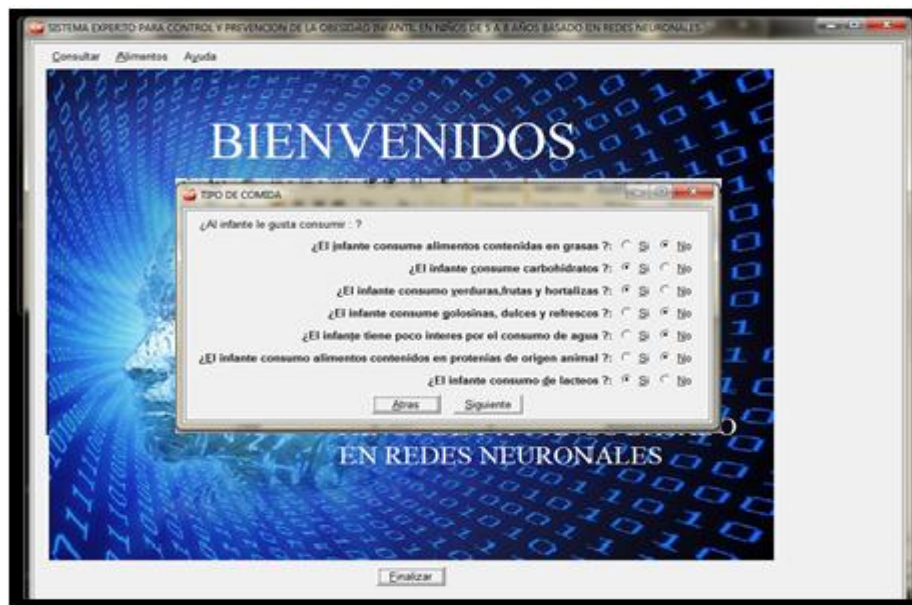


Figura 3. 16 Control de Tipo de Alimentación

Fuente: (Elaboración Propia)

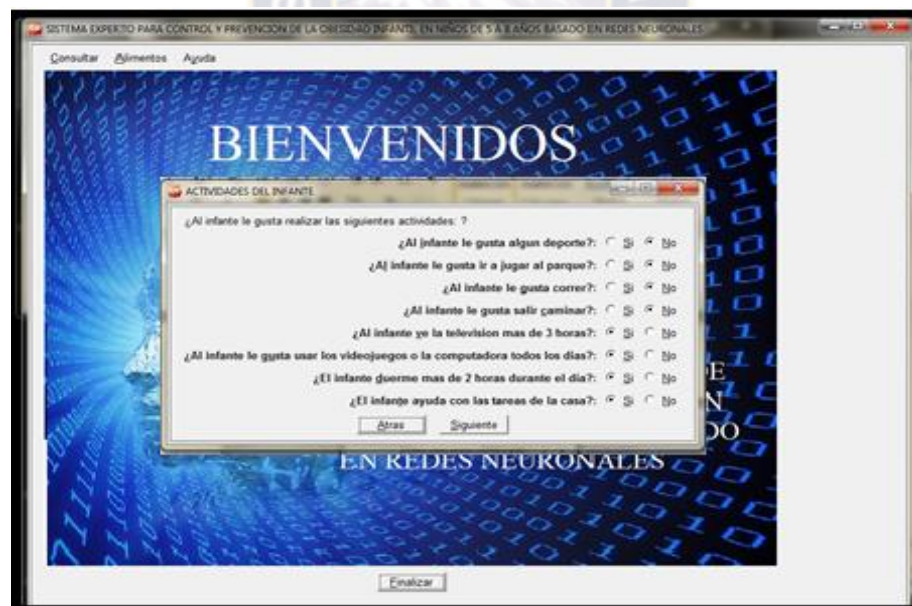


Figura 3. 17 Control de Actividad

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 18 Resultados del Infante

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 19 Control y Prevención

Fuente: (Elaboración Propia)

```

***** RED NEURONAL *****
*****Pesos*****
0.23202844371691467      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      *****Actualiza pesos IJ*****
0.0                      Salida:1.0                             *****Pesos*****
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.5048801315886747
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      *****Actualiza pesos JK*****
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      -0.4675907292420197
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      *****Actualiza pesos KH*****
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      -0.10380550629276496
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      *****Actualiza pesos HI*****
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      *****Pesos*****
0.5877405410635407      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.248747301909058
0.02723016156027758    Salida:1.0                             -0.215414682883634
0.912403175101726      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      1.4007243003637697
0.98270556625271965    Salida:1.0                             0.0
0.385181918126485      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      -0.1656932579270025
0.6546007727279482     Salida:1.0                             0.3934091915124043
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      0.0
0.0                      Salida:1.0                             0.0
0.0                      Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      *****Actualiza pesos QI*****
0.116872215186802      Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      *****Pesos*****
0.9023009439049292     Salida:1.0                             0.3051674670498398
0.9876641744676545     Entrada: (1.0,1.0) Aprender: 0.0      0.480205461602003
0.7813025644090658     Salida:1.0                             1.6340586945772948
0.8049117601600513     Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      0.610747292978454
0.736102052959582      Salida:1.0                             0.3092417681609513
0.7775050910013374     Entrada: (0.0,0.0) Aprender: 0.0      0.7304020892955082
0.0                      Salida:1.0

```

Figura 3. 20 Resultado de la Red Neuronal

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 21 Información e Instrucciones del Sistema

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 22 Información del Sistema

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 23 Instrucciones del Sistema

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 24 Ayuda del Sistema

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 25 Descripción de Alimentos

Fuente: (Elaboración Propia)



**Figura 3. 26 Grasas Saturadas**

Fuente: (Elaboración Propia)



**Figura 3. 27 Carbohidratos**

Fuente: (Elaboración Propia)



QUE SIGNIFICA ALIMENTOS QUE CONTIENEN PROTEINAS

## PROTEÍNAS



**CLASIFICACIÓN:**

**ANIMAL:**

- \* Carne de Res
- \* Carne de Cerdo
- \* Carne de Pollo
- \* Carne de Cordero
- \* Pescados Grasos
- \* Mariscos
- \* Conejo
- \* Pavo

**LÁCTEOS:**

- \* Leche Entera
- \* Leche Condensada
- \* Leche en Polvo
- \* Yogur Entero
- \* Queso
- \* Mantequilla

**VEGETAL:**

- \* Soya
- \* Lentejas
- \* Garbanzos

Las proteínas son moléculas formadas por aminoácidos que están unidos por un tipo de enlaces conocidos como enlaces peptídicos. El orden y la disposición de los aminoácidos dependen del código genético de cada persona.


Aceptar

Figura 3. 28 Proteínas

Fuente: (Elaboración Propia)

QUE SIGNIFICA ALIMENTOS RICOS EN AZUCARES

## GOLOSINAS, DULCES Y REFRESCOS



**CLASIFICACIÓN:**

- \* Donas
- \* Alfajor
- \* Pastelillos
- \* Chicles
- \* Chocolates
- \* Cupcakes
- \* Caramelos
- \* Refrescos

Las golosinas son sin duda uno de los comestibles mas atractivos que podemos encontrar. Podemos definir a las golosinas como pequenos dulces que estan hechos de maneras muy diferentes y con divertidos ingredientes.

Aceptar

Figura 3. 29 Golosinas, Dulces y Refrescos

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 30 Verduras, Frutas y Hortalizas

Fuente: (Elaboración Propia)

### 3.2.5. FASE 5: PRUEBA

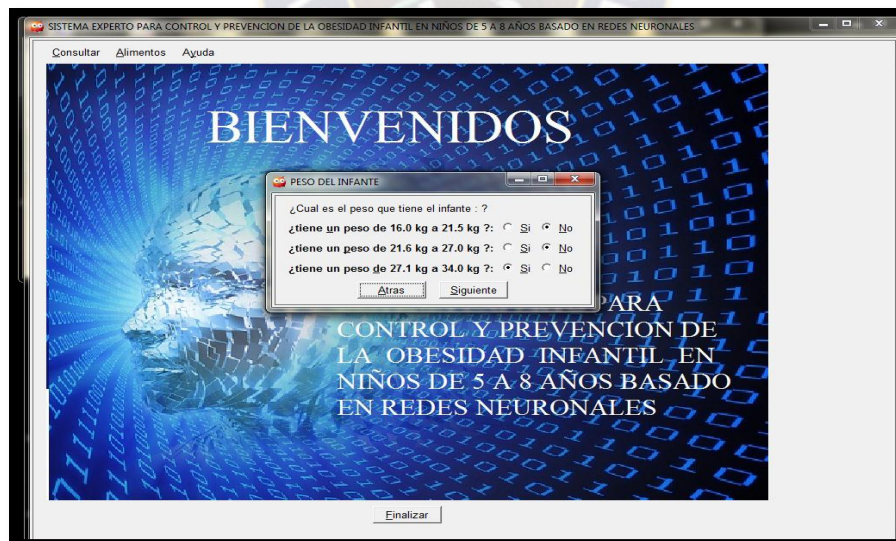


Figura 3. 31 Control de Peso según la edad

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 32 Control de Alimentación

Fuente: (Elaboración Propia)

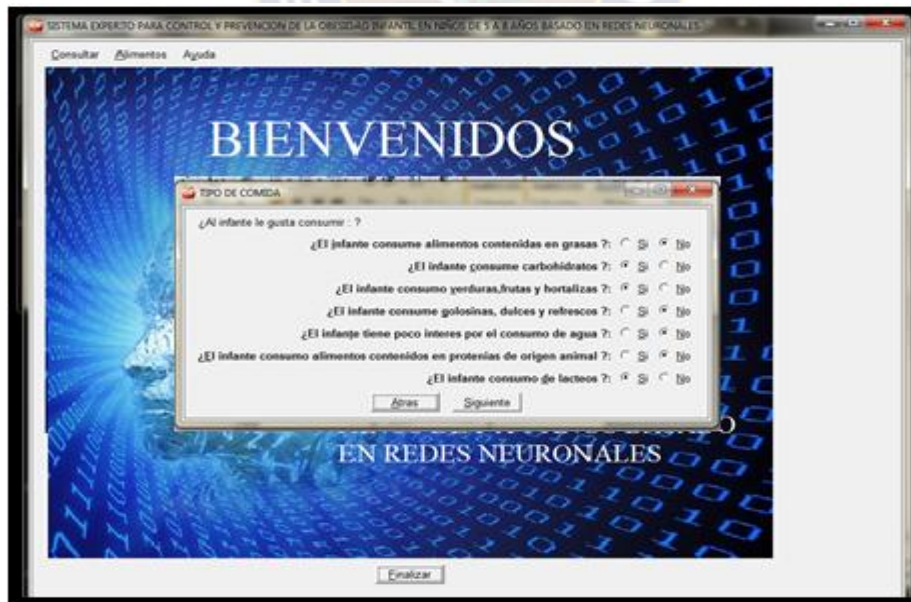


Figura 3. 33 Control de Tipo de Alimentación

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 34 Control de Actividad

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 3. 35 Resultados del Infante

Fuente: (Elaboración Propia)

RECOMENDACIONES

## CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA OBESIDAD INFANTIL



**CONTROL:**

- \* Asistir al médico nutricionista una vez por Semana
- \* Control de Peso
- \* Control de Dieta Alimenticia
- \* Incentivar al infante a practicar algun deporte

**PREVENCIÓN:**

- \* Consumir más alimentos saludables.
- \* Reducir el consumo de alimentos con grasa.
- \* Incrementar la ingesta diaria de frutas y verduras.
- \* Moderar el consumo de productos ricos en azucares.
- \* Beber al menos un litro de agua.
- \* Realizar actividad física(correr, caminatas y otros).
- \* Controlr el consumo de alimentos con carbohidratos.

EL INFANTE SUFRE OBESIDAD

Red neuronal

Figura 3. 36 Control y Prevención

Fuente: (Elaboración Propia)

## CAPÍTULO IV PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación del sistema se realizó en distintos lugares, se hizo el entrenamiento a la red neuronal tratando de abarcar todos los posibles casos existentes. Se observó gran diferencia en estos entrenamientos puesto que existían casos que requerían más tiempo de entrenamiento.

En este capítulo se desglosará la solución estadística aplicada al Sistema de Diagnóstico, para la comprobación de la hipótesis, en este caso hemos utilizado la prueba no paramétrica aleatoria de Rachas, detallada por pasos en el resto del capítulo.

### 4.2. PRUEBA DE RACHAS DE WALD—WOLFOWITZ

La prueba de *rachas* sirve para determinar si una muestra de observaciones es o no aleatoria, es decir, para determinar si las observaciones de una determinada secuencia son independientes entre sí. En una serie temporal, por ejemplo, las observaciones no son aleatorias: lo que ocurre con una observación cualquiera depende, generalmente, de las características de la observación anterior. En una muestra aleatoria, por el contrario, debemos esperar que lo que ocurre con una observación cualquiera sea independiente de las características de la anterior (y de la siguiente).

El concepto de *racha* hace referencia a una secuencia de observaciones de un mismo tipo. Supongamos que lanzamos una moneda al aire 10 veces y que obtenemos el siguiente resultado:

CCCXCCXXC

Tendremos 5 rachas: CCC, X, CC, XXX y C. A simple vista, el resultado obtenido parece *aleatorio*. Pero si en lugar de ese resultado hubiéramos obtenido este otro:

CCCCXXXXX (2 rachas)

Resultaría fácil ponernos de acuerdo en que la secuencia obtenida no parece aleatoria. Como tampoco parece aleatoria una secuencia con demasiadas rachas:

CXCXCXCXCX (10 rachas)

Pues bien, la prueba de las rachas permite determinar si el número de rachas ( $R$ ) observado en una determinada muestra de tamaño  $n$  es lo suficientemente grande o lo suficientemente pequeño como para poder rechazar la hipótesis de independencia (o aleatoriedad) entre las observaciones<sup>1</sup>.

Para obtener el número de rachas es necesario que las observaciones estén clasificadas en dos grupos exhaustivos y mutuamente exclusivos (variable dicotómica). Si no lo están, deberemos utilizar algún criterio (mediana, media, moda, etc.) para hacer que lo estén (variable dicotomizada).

Una vez clasificadas las  $n$  observaciones en dos grupos (de tamaños  $n_1$  y  $n_2$ ), se utiliza una tipificación<sup>2</sup> del número de rachas ( $R$ ) para contrastar la hipótesis de aleatoriedad o independencia:

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

El estadístico  $Z$  se distribuye según el modelo de probabilidad normal  $N(0, 1)$ .

Para muestras aleatorias, la distribución de probabilidad de  $R$  tiende hacia la normal, a medida que  $N_1$  y  $N_2$ , se van agrandando, de tal manera que:

$$R \rightarrow N(E[R], \sqrt{Var[R]})$$

Siendo:

$$E(R) = (2 * N_1 * N_2 + N) / N$$

$$S(R) = (2 * N_1 * N_2 (2 * N_1 * N_2 - N_1 - N_2)) / (N_1 + N_2)^2 * (N_1 + N_2 - 1)$$

<sup>1</sup> Conviene no confundir la hipótesis de aleatoriedad con la hipótesis de bondad de ajuste estudiada a propósito de la prueba *binomial*.

Obtener 5 caras y 5 cruces al lanzar una moneda 10 veces es un resultado que se ajusta perfectamente a la hipótesis de equiprobabilidad ( $\pi \text{ cara} = \pi \text{ cruz} = 0,5$ ), pero si las 5 caras salen al principio y las cinco cruces al final, esto haría dudar de la hipótesis de independencia o aleatoriedad.

<sup>2</sup> Si el tamaño muestral es menor que 50, el estadístico  $Z$  se obtiene utilizando la *corrección por continuidad* de la siguiente manera:

- Si  $R - E(R) < -0,5$ , se suma 0,5 a  $R$ . Es decir:  $Z = [R + 0,5 - E(R)] / \sigma R$ .
- Si  $R - E(R) > 0,5$ , se resta 0,5 a  $R$ . Es decir:  $Z = [R - 0,5 - E(R)] / \sigma R$ .
- Si  $|R - E(R)| < 0,5$ ,  $Z = 0$ .

### 4.3 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

En la prueba realizada, se tomó como muestra a 10 personas, entre enfermeras, doctores y transeúntes de diferentes lugares que probaron el Sistema de control y prevención de la Obesidad Infantil. Se hizo una separación por grado de valides para el control de la enfermedad, respondiendo si el sistema ayuda en el control certero o no, en un rango de 0 a 10.

**Tabla 4. 1: Pruebas del sistema**

Nº	Funciona (Y)	No Funciona (N)
1	10	0
2	2	8
3	7	3
4	8	2
5	10	0
6	5	5
7	3	7
8	10	0
9	8	2
10	5	5
11	7	3
12	10	0
13	3	7
14	8	2
15	4	6
16	10	0
17	8	2
18	3	7

Fuente: (Elaboración Propia)



**Paso1:** Se colocan los puntajes  $N_1 + N_2$  en una sola serie ordenada

**Tabla 4. 2: Prueba de Rachas**

0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	3	3	3	3
N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	N	Y

3	4	5	5	5	5	6	7	7	7	7	7	8	8
Y	Y	Y	N	Y	N	N	Y	N	Y	N	N	N	Y

8	8	8	10	10	10	10	10
Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Fuente: (Elaboración Propia)

**Paso2:** SE DETERMINA EL NÚMERO DE RACHAS

En este caso son 14 rachas

**Paso3:** PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA NULA

- HIPÓTESIS ALTERNATIVA

$H_0$ : El uso de redes neuronales permite que el sistema experto que controle y prevenga la obesidad de los niños de 5 a 8 años con una confiabilidad del 90 %.

- HIPÓTESIS NULA

$H_1$ : El uso de redes neuronales no permite que el sistema experto que controle y prevenga la obesidad de los niños de 5 a 8 años con una confiabilidad del 90 %.

**Paso 4:** NIVEL DE SIGNIFICACIÓN

Para una muestra de 10 personas el nivel de significancia llegaría a ser 0.05

$$N = 36 \quad \alpha = 0.05 \quad N_1 = 18 \quad N_2 = 18 \quad R = 14$$

**Paso 5:** REGLA DE DECISIÓN

La tabla muestra que para los valores de  $N_1 = 18$  y  $N_2 = 18$ , una  $R$  de 14 es significativa al nivel de 0.05.

$$E(R) = (2 * N_1 * N_2 + N) / N$$

$$= (2 * 18 * 18 + 36) / 36$$

$$= 19$$

$$S(R) = (2 * N_1 * N_2 (2 * N_1 * N_2 - N_1 - N_2)) / (N_1 + N_2)^2 * (N_1 + N_2 - 1)$$

$$= 648 (612) / 1296 * 35$$

$$= 8.743$$

Como regla de decisión al 90% de confianza, no se rechazará la hipótesis nula de aleatoriedad  $H_0$  si el número de rachas se encuentra en el intervalo:

$$[E(R) - S(R)] - [E(R) + S(R)]$$

$$[19 - 8.743] - [19 + 8.743]$$

$$[10.257] - [27.743]$$

En el presente caso tomamos los valores  $[10.257 - 27.743]$ , prueba que  $R = 14$ , pertenece al intervalo, de esta manera se acepta la hipótesis, por tan podemos afirmar:

$H_0$ : El uso de redes neuronales permite que el sistema experto que controle y prevenga la obesidad de los niños de 5 a 8 años con una confiabilidad del 90 %.

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

El sistema experto logro la adquisición del conocimiento obtenida en páginas web, revistas, noticias, en páginas especializadas en el tema, para brindar un apoyo con el control y prevención de la Obesidad Infantil fueron de mucha ayuda, la información con la que se conto fue la base para la creación de la base del conocimiento haciendo el uso correspondiente de las redes neuronales.

El prototipo refleja el proceso de extracción de características de la enfermedad, la base de conocimiento de la red neuronal. Como resultado de las al crear es prototipo del sistema experto para el control y prevención de la Obesidad Infantil, se logró alcanzar el objetivo general planteado en el capítulo I mediante la construcción del prototipo de sistema experto que ofrece la adecuada toma de decisiones, tomando en cuenta el resultado que brinda el sistema experto y también permitiendo al usuario su uso de manera óptima. Con respecto al diseño del prototipo, este aspecto se cumple con el desarrollo de las etapas propuestas por la metodología Buchanan como se muestra en el capítulo III.

Finalizando, la presente tesis presento una hipótesis “El uso de redes neuronales permite que el sistema experto que controle y prevenga la obesidad de los niños de 5 a 8 años con una confiabilidad del 90 %”. Fue probada usando rachas de wald-wolfowitz concluyendo con la aceptación de la hipótesis con una confianza de 90%.

Se implementó el prototipo del sistema experto para el control y prevención de la Obesidad Infantil con la ayuda del lenguaje de programación NETBEANS.El sistema experto propuesto con redes neuronales, para reducir el tamaño de la capa de entrada se utilizaron ciertas características que fueron analizadas tomando en cuenta aquellas que aportaban más información, lo cual permitió obtener datos del aprendizaje de la red neuronal.

## 5.2. RECOMENDACIONES

En el prototipo descrito en esta investigación se aborda el análisis y el diseño de una red neuronal para problemas de control y prevención aplicando preguntas de rutina.

En el desarrollo de este trabajo se consideró solamente para niños de las edades entre 5 a 8 años por lo que se recomienda la implementación de un sistema experto con una base de conocimiento más completa tanto para niños como para adultos y así brindar un amplio apoyo.

Se recomienda profundizar el estudiar la enfermedad de Obesidad Infantil para completar la base de conocimiento esta enfermedad aún sigue siendo estudiada, la misma que puede ser controlada y prevenida a tiempo sin sufrir consecuencias saludables, se puede ampliar la parte de control y complementando un apoyo para los familiares, ya que esta enfermedad no solo necesita apoyo al paciente con esta enfermedad.



## BIBLIOGRAFIA

1. CALLEJAS M, J.H. (2013). “Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento del Síndrome de Tourette basado en Lógica Difusa”. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencia Puras y Naturales. Carrera de Informática.
2. CONDE L, R. (2010). “Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento del quiste ovárico”. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencia Puras y Naturales. Carrera de Informática.
3. DAMIAN JORGE MATICH. (2011). “Redes Neuronales: Conceptos y Aplicaciones” España.
4. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE BILBAO, (2011). “Redes Neuronales Artificiales Y Sus Aplicaciones”.
5. FIGUEREDO L., J. A. (2015). “Visión General de los Sistemas Experto. En: Sistemas Expertos”. Colombia.
6. GIARRATANO. (2011). “Sistemas Expertos Principios y Programación” México.
7. INFORMATICA INTEGRAL INTELIGENTE. Sistemas Expertos. <<http://www.informaticaintegral.net/sisexp.html>> [Consulta: 19 junio 2016]
8. JULIAN LIRIO CASERO. (2011). “La Obesidad Infantil”. España.
9. LA OBESIDAD Y EL SÍNDROME METABÓLICO COMO PROBLEMA DE SALUD PUBLICA <<http://www.scielosp.org>>[Consulta: 10 junio 2016]
10. LOAIZA ROGER. (2010). “INTELIGENCIA ARTIFICIAL” Argentina.
11. MAMANI Q, N. (2015). “Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de la Rosácea”. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencia Puras y Naturales. Carrera de Informática.
12. MICHEL MONTIGNAC. (2010) “Prevenir y Combatir la Obesidad en el Niño” .España.
13. OBESIDADINFANTIL <<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista19/artobesidadl0.htm>> [consulta: 15 junio 2016]

14. OBESIDAD INFANTIL UNA REALIDAD EN BOLIVIA<<http://lapatriaenlinea.com>>
15. [Consulta: 10 junio 2016]
16. OBESIDAD Y DESNUTRICIÓN, EXTREMOS DE MAL NUTRICION <<http://www.eldiario.net>> [Consulta: 20 junio 2016]
17. POMA C, R. (2013). “Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de Malformación Dentaria basado en Redes Bayesianas”. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencia Puras y Naturales. Carrera de Informática.
18. PONCE, PEDRO. (2010). “Inteligencia Artificial Con Aplicaciones a la Ingeniería. Alfa omega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
19. RAMOS C, L.P. (2013). “Sistema Experto para el diagnóstico de Huntington Juvenil en menores de 21 años”. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencia Puras y Naturales. Carrera de Informática.

