



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN SOFTWARE**

**TEMA: “DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA
CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITA DAR
APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL ‘HOGAR PARA SUS
NIÑOS’ DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

**AUTORES: MONAR CARRILLO, JOHANNA ELIZABETH
NARANJO COELLO, JIMMY ANDRES**

DIRECTOR: ING. CARRILLO MEDINA, JOSÉ LUIS

LATACUNGA

2019



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITA DAR APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL ‘HOGAR PARA SUS NIÑOS’ DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”*** fue realizado por los señores ***Monar Carrillo, Johanna Elizabeth y Naranjo Coello, Jimmy Andrés*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de enero de 2019

Ing. Carrillo Medina, José Luis
C.C: 0501553788



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros *Monar Carrillo, Johanna Elizabeth y Naranjo Coello, Jimmy Andrés* declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITA DAR APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL ‘HOGAR PARA SUS NIÑOS’ DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** son de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 25 de enero de 2019

Monar Carrillo Johanna Elizabeth

C.C.: 1804615944

Naranjo Coello Jimmy Andrés

C.C.: 0503409195



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE

AUTORIZACIÓN

Nosotros **Monar Carrillo, Johanna Elizabeth y Naranjo Coello, Jimmy Andrés** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITA DAR APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL ‘HOGAR PARA SUS NIÑOS’ DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 25 de enero de 2019

Monar Carrillo Johanna Elizabeth
C.C.: 1804615944

Naranjo Coello Jimmy Andrés
C.C.: 0503409195

DEDICATORIA

Este nuevo logro en mi vida está dedicado con toda mi gratitud y cariño a mis padres, por todo el sacrificio y esfuerzo para que me sea posible cumplir todas mis metas, incluso sacrificando las suyas.

A mis hermanos por ser mi fuente de motivación y superación en todo momento.

Johanna Monar

A mi familia, para mis padres por todo el apoyo, cariño y cuidado que me han dado en mi vida, sin pedir nada a cambio, a mi hermana quien es mi gran amiga quien me apoya en todo y confía plenamente en mí, a mis hermanos menores por ver en mi un ejemplo a seguir, lo que me alienta a ser una mejor persona y profesional para ellos. Para mi pequeña Andrea y mis futuros sobrinos, que un día leerán este documento y les motivará a superarme profesionalmente.

Jimmy Naranjo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la capacidad y la fuerza para culminar esta meta.

A mis padres, por brindarme su apoyo en todo momento.

A cada uno de los profesores que contribuyeron con mi formación universitaria, de manera especial al director de tesis José Luis Carrillo, por el tiempo y la paciencia dedicados al proyecto.

A Diego Monar, Edgar Ramón y a la fundación “Hogar Para Sus Niños” por la información y guía ofrecida durante el desarrollo de este proyecto.

A Jimmy Naranjo por la incondicionalidad, el amor y la infinita paciencia.

Johanna Monar

A todos mis profesores que me han guiado en el camino para convertirme en un profesional y que me han demostrado que son un amigo más para mí, en especial a José Luis Carrillo, por habernos guiado durante la elaboración de este proyecto.

A mi madre por madrugar todos los días, sin importarle el cansancio y el frío únicamente para que pueda alcanzar mis metas profesionales y siempre esperándome con un cálido abrazo mi regreso.

A mi mejor amigo Diego Soria con quien he compartido grandes momentos de la vida, por apoyarme y creer en mí en todo momento, alimentándome a ser el mejor en todo.

A los expertos profesionales, en especial a mi amigo Edgar Ramón quien me apoya y ayuda, pidiéndome a cambio mi amistad.

A Johanna Monar le agradezco su comprensión, amor y por exigirme más dedicación a mis metas, haciendo que me convierta en una mejor persona.

Jimmy Naranjo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	II
AUTORIZACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento y Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación e Importancia.....	6
1.4. Objetivos.....	7
1.5. Meta.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción del capítulo.....	9
2.2. Alimentación	9
2.2.1. Macronutrientes.....	10

2.2.2. Grupos de alimentos	12
a. Grupo 1. Hortalizas y frutas	13
b. Grupo 2. Cereales, tubérculos y plátanos.....	15
c. Grupo 3 Alimentos de origen animal y leguminosas	16
2.2.3. Comida saludable.....	19
a. Desayuno.....	19
b. Almuerzo.....	19
c. Merienda.....	20
d. Refrigerios.....	20
2.2.4. Cálculo de calorías.....	21
2.2.5. Combinación de alimentos por tipo	22
2.3. Sistemas inteligentes.....	24
2.3.1. Evolución de los métodos de Inteligencia Artificial, en el proceso de sistemas inteligentes.....	26
2.3.2. Ramas de la Inteligencia Artificial en sistemas inteligentes.....	29
a. Lógica Difusa	29
b. Redes Neuronales Artificiales	38
c. Sistemas híbridos neural-difusos (neuro-fuzzy).....	45
2.4. Metodología MAS-CommonKADS.....	49
2.4.1. Fases de desarrollo de MAS-CommonKADS.....	50
a. Conceptuación.....	50
b. Modelo de Agente.....	51
c. Modelo de Tareas	55

d. Modelo de la Experiencia.....	57
e. Modelo de Coordinación	59
f. Modelo de Organización	61
g. Modelo de Diseño	62
2.5. Framework python para aplicaciones móviles	65

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL SISTEMA INTELIGENTE PARA LA CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITAN DAR APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL “HOGAR PARA SUS NIÑOS” DE LA CIUDAD DE LATACUNGA

3.1. Introducción del capítulo.....	68
3.2. Aplicación de la metodología MAS-CommonKADS.....	68
a. Conceptuación	68
b. Modelo de Agente.....	74
c. Modelo de la Experiencia.....	79
d. Modelo de Tareas	81
e. Modelo de Coordinación	83
f. Modelo de Organización	85
g. Modelo de Diseño	86
3.3. Construcción del sistema neural-difuso.....	88
3.3.1. Construcción sistema difuso (2)	89
3.3.2. Construcción de red neuronal (3)	95

CAPÍTULO IV**PRUEBAS DEL SISTEMA INTELIGENTE PARA LA CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITAN DAR APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL “HOGAR PARA SUS NIÑOS” DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.**

4.1. Introducción del capítulo	101
4.2. Pruebas Unitarias	101
4.3. Pruebas de integración de sistema neural-difuso	103
4.4. Pruebas de validación	115

CAPÍTULO V**VALIDACIÓN DEL SISTEMA INTELIGENTE**

5.1. Introducción del capítulo	117
5.2. Entrega y recepción	117
5.3. Validación y aceptación	118

CAPÍTULO VI**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** 119

6.1. Conclusiones	119
6.2. Recomendaciones	121

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 123**ANEXOS.....**127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porción de verduras recomendadas según rangos de edad	14
Tabla 2 Porción de frutas recomendadas según rangos de edad	14
Tabla 3 Porción de cereales tubérculos y plátanos recomendadas según rangos de edad	15
Tabla 4 Porción diaria de alimentos de origen animal recomendadas según rangos de edad ...	16
Tabla 5 Porción diaria de leguminosas recomendadas según rangos de edad	17
Tabla 6 Porción diaria de oleaginosas recomendadas según rangos de edad	17
Tabla 7 Porción diaria de lácteos recomendados según rangos de edad	18
Tabla 8 Porción diaria de huevos recomendada según rangos de edad.....	18
Tabla 9 Resumen de casos de uso del sistema inteligente	70
Tabla 10 Ejemplo de alimentos de cambio para grupo Guarnición Sopa	91
Tabla 11 Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo GuarnicionSopa	91
Tabla 12 Valores de grupos de alimentos por tipo	96
Tabla 13 Porcentaje de combinación por tipo de alimento.....	97
Tabla 14 Ejemplo de alimentos por tipo e identificador numérico	97
Tabla 15 Ejemplo de combinaciones entre alimentos por receta	98
Tabla 16 Entradas y salidas de la red neuronal	99
Tabla 17 Check list pruebas unitarias.....	102
Tabla 18 Ingredientes de la receta procesados	104
Tabla 19 Información de ingredientes (macronutrientes por cada 100gr)	105
Tabla 20 Aporte de macronutrientes por cada ingrediente	105
Tabla 21 Lista de ingredientes a ser reemplazados.....	107
Tabla 22 Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo Carnes	109
Tabla 23 Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo GranosSecos	111
Tabla 24 Nueva receta generada	111
Tabla 25 Cambios de ingrediente en la receta “Pollo al estilo de la abuela”	112
Tabla 26 Combinaciones de nueva receta.....	113
Tabla 27 Predicción de combinación por tipo y sabor de alimento	114

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Guía de combinación de alimentos.....	24
<i>Figura 2</i> Ejemplo de representación de conjuntos clásicos (izquierda) a conjuntos difusos (derecha).....	31
<i>Figura 3</i> Función trapezoidal	32
<i>Figura 4</i> Función Triangular	33
<i>Figura 5</i> Estructura de un sistema de inferencia difuso	34
<i>Figura 6</i> Estructura básica de inferencia de Mamdani	36
<i>Figura 7</i> Redes neuronales de una sola capa (perceptron)	40
<i>Figura 8</i> Estructura backpropagation.....	41
<i>Figura 9</i> Primer modelo de sistema neural difuso.....	48
<i>Figura 10</i> Segundo modelo de sistema neural difuso	48
<i>Figura 11</i> Fases de desarrollo de MAS-CommonKADS	50
<i>Figura 12</i> Notación de los casos de uso.....	51
<i>Figura 13</i> Plantilla de Agente.....	54
<i>Figura 14</i> Plantilla de objetivos	55
<i>Figura 15</i> Plantilla de modelo de tareas	56
<i>Figura 16</i> Notación alternativa para representar la descomposición de tareas	57
<i>Figura 17</i> Plantilla modelo de coordinación	61
<i>Figura 18</i> Notación gráfica del modelo de organización	62
<i>Figura 19</i> Plantilla de modelo de diseño de agentes	64
<i>Figura 20</i> Plantilla de modelo de diseño de plataforma	65
<i>Figura 21</i> Casos de uso del sistema.....	70
<i>Figura 22</i> Descomposición de Tarea SugerirRecetas	82
<i>Figura 23</i> Modelo de organización	86
<i>Figura 24</i> Modelo de sistema neural difuso a construir. (1) Entradas del sistema difuso, (2) Sistema difuso, (3) Red neuronal, (4) Salidas neuronales, (5) Resolución.	88
<i>Figura 25</i> Estructura del sistema difuso del sistema inteligente.....	90
<i>Figura 26</i> Funciones de Membresía de los antecedentes carbohidrato.....	93
<i>Figura 27</i> Funciones de membresía para consecuente GuarnicionSopa.....	94
<i>Figura 28</i> Estructura de red neuronal del sistema inteligente	100
<i>Figura 29</i> Funciones de membresía Antecedentes1.....	108
<i>Figura 30</i> Función de membresía Consecuente1	109
<i>Figura 31</i> Funciones de membresía Antecedentes 2.....	110
<i>Figura 32</i> Función de membresía Consecuente 2	110
<i>Figura 33</i> Receta generada presentada al usuario.....	115

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en desarrollar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga. El proyecto surge de la necesidad de la fundación de poseer una herramienta software que apoye y facilite la preparación y planificación de su menú diario, aprovechando los alimentos a su disposición; como solución a dicha necesidad se desarrolló un sistema neural-difuso que realiza reemplazos de ingredientes en recetas mediante el sistema difuso y predice el grado de aprobación de esta basándose en, el tipo y sabor de sus ingredientes mediante la red neuronal. Además de mostrar el porcentaje de macronutrientes de cada una, y la evaluación respecto a si es o no una receta equilibrada. Finalmente, el sistema fue validado por expertos gastronómicos y el usuario final que determinaron a las recetas generadas como nutritivas, diferentes y fáciles de preparar.

PALABRAS CLAVE:

- **SISTEMA INTELIGENTE NEURAL-DIFUSO**
- **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**
- **REDES NEURONALES**
- **RECETAS GASTRONÓMICAS**

ABSTRACT

The present project consists of developing an intelligent system for the creation of gastronomic recipes to support the nutrition of the infants of the "Hogar Para Sus Niños" in the city of Latacunga. The project arises from the need of the foundation to have a software tool that supports and facilitates the preparation and planning of its daily menu, taking advantage of the foods at its disposal; as a solution to this need was developed a neural-diffuse system that replaces ingredients in recipes through the diffuse system and predicts the degree of approval based on the type and flavor of its ingredients through the neural network. In addition to showing the percentage of macronutrients of each, and the evaluation regarding whether or not it is a balanced recipe. Finally, the system was validated by expert gourmets and the end user who determined the recipes generated as nutritious, different and easy to prepare.

KEYWORDS:

- **INTELLIGENT NEURAL-FUZZY SYSTEM**
- **ARTIFICIAL INTELLIGENCE**
- **NEURAL NETWORK**
- **GASTRONOMIC RECIPES**

CAPÍTULO I

Problema

1.1. Antecedentes

La salud es el elemento principal para mantener una buena calidad de vida, desde hace mucho tiempo se dice, que, para mantener una buena salud se deben practicar buenos hábitos como, hacer ejercicio en forma regular y controlar el peso, no fumar, no tomar alcohol y consumir una dieta saludable y equilibrada.

El suministro suficiente de nutrientes, desde las primeras etapas de la vida, es decisivo para un buen desarrollo físico y mental para gozar de buena salud durante mucho tiempo. La escasa disponibilidad o el acceso insuficiente a alimentos de adecuada calidad nutricional o la exposición a condiciones que perjudican la absorción y el uso de los nutrientes ha llevado a grandes sectores de la población mundial a la desnutrición, a padecer un déficit de vitaminas y minerales, o bien al sobrepeso y la obesidad, apreciándose grandes diferencias entre los grupos de población. (WHO, 2014)

En el Ecuador según en INEC la población total estimada al año 2018 es de 17 millones, de estos, cerca de 6 millones son niños, niñas y adolescentes, es decir, 35% de la población total. Por otro lado, la última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición muestra una desnutrición crónica en menores de 5 años de 25.3%; porcentaje que en los indígenas sube al 42.3%. Esta misma fuente, muestra que casi el 9% de los niños y niñas en edad pre-escolar, el 30% de los de edad escolar y el 26% de adolescentes presentan sobrepeso. La Encuesta concluye que la dieta de la población ecuatoriana es una dieta desequilibrada, en la que predominan los carbohidratos refinados y entre estos el arroz,

bajo consumo de frutas y verduras, así como de leguminosas, alto consumo de aceite de palma, muy bajo consumo de fibra, alto consumo de leche y queso enteros que, además de aportar proteínas, aportan al consumo de grasas saturadas, lo cual plantea un panorama poco saludable que evidentemente se refleja en las altas tasas de sobrepeso, obesidad, diabetes, hipertensión y síndrome metabólico. (WHO, 2017)

El “Hogar Para Sus Niños” (HPSN) sede Latacunga es una organización no-gubernamental, sin fines de lucro, se encuentra localizada en la provincia de Cotopaxi y acoge a niños en situación de riesgo debido a factores como el abandono o maltrato; su objetivo es alcanzar el desarrollo integral de los niños y adolescentes a su cargo.

Debido a la situación de maltrato y abandono en la que los niños son acogidos, la mayoría de veces ingresan con problemas de desnutrición; en la actualidad cuenta con 13 niños de 1 a 6 años, 4 de 6 a 12 años y 2 adolescentes; 6 de estos tienen desnutrición; por tanto, el apoyo nutricional es parte fundamental en la fundación.

Todo lo anteriormente descrito refleja, que, es necesario que el sector de la salud impulse la generación de nuevos proyectos utilizando herramientas tecnológicas de fácil acceso enfocadas en dar apoyo a la nutrición de la población ecuatoriana. Por tanto, el propósito de desarrollar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permita dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” es, además de aprovechar la gran variedad de alimentos que se producen en nuestro país, ofrecer la posibilidad de tener al alcance un menú adecuado nutricionalmente para un infante siendo parte de una estrategia de acceso a una alimentación sana a través de soluciones tecnológicas; la alimentación requiere estrategias tanto para, proporcionar a

los infantes vitaminas y nutrientes necesarios para su crecimiento, así como ofrecerle una comida agradable a su paladar y además aprovechar todos los alimentos que se reciben como donaciones.

1.2. Planteamiento y Formulación del problema

La nutrición tiene un efecto importante en la salud del infante, así como en su habilidad para aprender, comunicarse, pensar analíticamente, socializar efectivamente y adaptarse a nuevos ambientes y personas. Una buena nutrición es la primera línea de defensa contra numerosas enfermedades infantiles que pueden dejar huellas en los niños de por vida, por lo que, combatir todas las formas de malnutrición es uno de los mayores problemas sanitarios a escala mundial (MPS, INEC, 2013), estando entre estas combatir la desnutrición. (OEA, s.f.)

La desnutrición, conlleva un déficit general de nutrientes y el consumo de tejido muscular a falta de energías externas. Todos los casos de desnutrición son englobados en la categoría de malnutrición.

Los efectos de la desnutrición en la primera infancia (0 a 8 años) pueden ser devastadores y duraderos. Pueden impedir el desarrollo conductual y cognitivo, el rendimiento escolar y la salud reproductiva, debilitando así la futura productividad en el trabajo. Dado que el retraso en el crecimiento ocurre casi exclusivamente durante el periodo intrauterino y en los 2 primeros años de vida, es importante que las intervenciones de prevención en trastornos alimenticios ocurran en la edad temprana. (OEA, s.f.)

A nivel mundial en 2016 se calcula, que 52 millones de niños menores de 5 años presentan emaciación (un peso insuficiente respecto de la talla), 17 millones padecen

emaciación grave, y 155 millones sufren retraso del crecimiento, mientras que 41 millones tienen sobrepeso o son obesos. Alrededor del 45% de las muertes de menores de 5 años tienen que ver con la desnutrición. La optimización de la nutrición al comienzo de la vida (en particular durante los 1000 días que transcurren entre la concepción y el segundo aniversario del niño) asegura el mejor arranque posible de la vida, con beneficios a largo plazo. (MPS, INEC, 2013)

Respecto al apoyo en alimentación diaria que la organización “Hogar Para Sus Niños” brinda, maneja una despensa con alimentos mayoritariamente donados, el personal encargado tanto de la despensa, como de la cocina no poseen conocimientos extensos referentes a nutrición; cuentan con el apoyo de la nutricionista del Hospital General Latacunga, sin embargo, aún con un listado de alimentos nutritivos que deberían ser usados persiste la limitación de no saber cómo combinar y cocinar los alimentos.

Actualmente la asistente administrativa del “Hogar Para Sus Niños” que tiene entre sus funciones gestionar la despensa con la que se prepara el menú diario, maneja una planificación de alimentación mensual que se ha mantenido sin modificaciones por aproximadamente 2 años, es registrada de forma manual con grandes volúmenes de información, la cual, debido a la falta de coordinación y desconocimiento de todos los alimentos que realmente posee la fundación en su despensa, deriva en el incumplimiento de dicha planificación, cambios al carecer de algún ingrediente de las recetas planificadas, recetas repetitivas y comunes, incluso el desaprovechamiento de ciertos alimentos por no saber cómo prepararlos y combinarlos para ser ingeridos fácilmente por los infantes.

A pesar de los avances y la masificación tecnológica el “Hogar Para Sus Niños” carece de algún sistema de apoyo donde se gestione información referente a recetas gastronómicas con una adecuada nutrición según los alimentos que posee.

El desarrollo de un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permita dar apoyo a la nutrición, tiende a facilitar la tarea de alimentar infantes utilizando herramientas tecnológicas que proporcionan ventajas al tener la capacidad de crear recetas que reemplacen la prescripción y guía de un pediatra o un nutricionista con instantáneo y fácil acceso.

El sistema inteligente tendrá la capacidad de emitir una receta en base a los ingredientes ingresados, sustentándose en conocimientos de un gran conjunto de recetas y de experiencias referentes a qué tipo de ingredientes combinan mejor entre sí para determinar la mejor opción de receta.

El nutricionista proporcionará el listado de alimentos que los infantes deben consumir junto con su aporte nutricional, los dos expertos Edgar Ramón chef de partida con 2 años de experiencia y Diego Monar administrador gastronómico con 4 años de experiencia, proporcionarán el listado de recetas balanceadas con los alimentos otorgados por el nutricionista, además participarán en la formación de grupos de alimentos de cambio y determinando el porcentaje de combinación de alimentos por tipo, siendo esta información parte fundamental para el desarrollo del sistema.

Por otra parte, el personal encargado de la despensa y la preparación de las recetas en el “Hogar Para Sus Niños”, tendrá la opción de validar la receta generada por el sistema indicando si fue o no de su agrado; de tal manera que el sistema inteligente se

mantendrá continuamente retroalimentado lo que permitirá dar apoyo a la toma de decisiones al momento de generar una nueva receta.

Basándonos en estos antecedentes se formula el siguiente problema:

¿Cómo dar apoyo a la alimentación infantil en el “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga aplicando un sistema inteligente?

1.3. Justificación e Importancia

La organización “Hogar Para Sus Niños” se encarga del cuidado integral de niños en situaciones de riesgo, su alimentación está a cargo del personal de la organización y se basa en alimentos mayoritariamente donados con una planificación mensual obsoleta, detectando falencias en el cumplimiento de dicha planificación, incluso el desaprovechamiento de ciertos alimentos por no saber cómo prepararlos y combinarlos para ser ingeridos fácilmente por los infantes; en consecuencia, se considera desarrollar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas a partir de ingredientes existentes; ofreciendo una herramienta con recetas sencillas que cumplen con los requerimientos de nutrición necesarios para el infante, aprovechando además los alimentos que habitualmente consume.

Es importante técnicamente porque el desarrollo de un sistema inteligente pone a nuestro alcance con un teléfono móvil una aplicación que apoya, incentiva y facilita el proceso de alimentación de infantes.

Económicamente el proyecto es importante porque ayuda a minimizar los gastos médicos derivados de enfermedades causadas por una mala alimentación, además

contribuye a aprovechar de mejor manera los alimentos existentes disminuyendo el desperdicio por consecuente también reduciendo gastos de alimentación.

Socialmente es importante debido a que el proyecto incentivará el control y cuidado de la alimentación infantil por lo tanto contribuye con el mejoramiento de su calidad de vida, disminuyendo con el tiempo problemas derivados de una mala nutrición como sobrepeso, obesidad, diabetes, hipertensión y síndrome metabólico.

1.4. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el marco teórico vinculado a la alimentación infantil.
- Determinar el marco teórico vinculado a los sistemas inteligentes.
- Elaborar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de infantes.
- Aplicar la propuesta en el “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.
- Validar los resultados obtenidos de la aplicación del sistema inteligente.

1.5. Meta

Desarrollo de un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permita dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1. Introducción del capítulo

En el presente capítulo se abordan los temas que sustentan el desarrollo del sistema inteligente, en la sección 2.2 se detallan temas relacionados con la alimentación, macronutrientes, grupos de alimentos, comida saludable, cálculo de calorías y combinaciones de alimentos. A continuación, en la sección 2.3 se abordan aspectos teóricos referentes a sistemas inteligentes, evolución y ramas donde se profundiza en lógica difusa, redes neuronales artificiales y sistemas híbridos neural-difusos. Finalmente, en la sección 2.4 se realiza una conceptualización de la metodología MAS-CommonKADS que será la guía para el desarrollo del sistema inteligente y en la sección 2.5 se describe el framework Python Kivy para el desarrollo del sistema inteligente en una aplicación móvil.

2.2. Alimentación

La alimentación es el proceso de selección de los alimentos que, se preparan según sus costumbres, y se termina por ingerirlos para obtener de estos los nutrientes necesarios para vivir y realizar todas las actividades necesarias del día a día. Por tanto, es un proceso voluntario, educable y muy influenciado por factores sociales económicos y culturales. (Ecured, s.f.)

La alimentación está controlada por medio de una dieta equilibrada, que implica la adecuada selección de alimentos de alto valor nutritivo, para mantener y desarrollar un cuerpo sano son necesarios seis nutrientes esenciales, tres de ellos se llaman

macronutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas), dos son micronutrientes (vitaminas, minerales) y el restante es el agua. (FAO, 2015)

En la alimentación infantil, en especial de los más pequeños (de 5 a 9 años), se consume principalmente lo que está disponible en casa, por eso, es importante disponer de alimentos saludables que deben ser ingeridos en cantidades adecuadas en diferentes tiempos de comida: desayuno, almuerzo, merienda y dos refrigerios; los alimentos son los que aportan con todos los nutrientes esenciales y la energía que cada niño necesita para mantenerse sano, mejora su calidad de vida y contribuye a la formación de hábitos saludables que garantizan un normal crecimiento y desarrollo. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

2.2.1. Macronutrientes

Se llaman macronutrientes ya que se requieren en grandes cantidades para alimentar el cuerpo, son esenciales para que el cuerpo crezca, repare y desarrolle nuevos tejidos, conduzca los impulsos nerviosos y regule el proceso de la vida, (Foodpyramid, 2015)

Los macronutrientes incluyen carbohidratos, grasas y proteínas. Una dieta balanceada debe contener los 3 tipos de macronutrientes, en proporciones de acuerdo a la composición corporal y actividad física. Por su grado de importancia en la alimentación son los únicos nutrientes descritos a detalle.

Carbohidratos

Son la principal fuente de energía del cuerpo, son necesarios para que el cerebro funcione y ayudan a que los músculos trabajen mejor. Algunos se descomponen y se

usan en la energía que el cuerpo necesita para la actividad física. Otros para el crecimiento y para la renovación de los tejidos corporales. Se encuentran en tres formas: azúcar, almidón y fibra. Cada forma de carbohidrato sirve para diferentes propósitos y es importante en una dieta. Una dieta saludable para niños incluye al menos la mitad de las calorías diarias provenientes de los carbohidratos (50-65%), con abundante almidón y fibra y azúcar limitada. (Probart & Menza, 2013)

Proteínas

Se encuentran en alimentos de origen animal y vegetal, proporcionan aminoácidos esenciales para las funciones básicas del cuerpo. Los aminoácidos se combinan en el cuerpo para crear sustancias proteicas para formar tejidos corporales. Sin estas, las funciones vitales más básicas no se pueden llevar a cabo, casi todas las células del cuerpo se descomponen constantemente y luego se reconstruyen. Este proceso requiere un suministro constante de proteínas, estas trabajan para construir y reparar tejidos corporales como músculos, huesos, órganos, sangre, piel, cabello y la reparación de los tejidos dañados debido a una enfermedad o lesión. Son necesarias para la coagulación de la sangre y para mantener el sistema inmunológico fuerte mediante el desarrollo de anticuerpos para combatir la enfermedad. Una dieta saludable para niños incluye la ingesta del 20%-40% de calorías diarias provenientes de proteínas. (Probart & Menza, 2013)

Grasas

Suministran los ácidos grasos esenciales que se necesitan para la alimentación y la absorción de las vitaminas A, D, E y K (llamadas vitaminas "liposolubles"). Contienen el nivel más alto de energía (9 calorías por gramo) de cualquier nutriente y son esenciales para el crecimiento y la salud. Son también un componente necesario del tejido corporal, el cuerpo la utiliza para fabricar los productos químicos necesarios, como las hormonas, protegen las células y los órganos internos y permiten almacenar calorías para cuando no hay comida disponible. Permanecen en el estómago más tiempo que otras comidas, mantienen el cuerpo caliente y hacen que la comida sepa mejor. Una dieta saludable para niños incluye de 25 a 35 % de grasas. (Probart & Menza, 2013)

2.2.2. Grupos de alimentos

Los grupos de alimentos fueron establecidos por el programa de Educación en la Alimentación y Nutrición (EDALNU) en los años 60, esta clasificación era necesaria para disponer de una guía que ayude a conocer cómo realizar una dieta equilibrada. Se crean según las funciones que cumplen y los nutrientes que proporcionan, es decir, están agrupados por su similitud en el aspecto nutricional y composición. (VELSID, 2009)

En los niños, una dieta equilibrada debe estar compuesta por cada uno de los grupos de alimentos en sus proporciones adecuadas y, además, jugar con la variedad de alimentos de cada grupo para garantizar el aporte de sustancias que ayudan a cubrir las necesidades orgánicas. (VELSID, 2009)

La agrupación de alimentos permite tener una guía de los alimentos con características similares para generar reemplazos de ingredientes en las recetas manteniendo su equilibrio nutricional. A continuación, se detallan los grupos de alimentos clasificados de acuerdo al Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

- Grupo 1. Hortalizas y frutas.
- Grupo 2. Cereales, tubérculos y plátanos.
- Grupo 3. Alimentos de origen animal y leguminosas

a. Grupo 1. Hortalizas y frutas

Las hortalizas son fuente principal de vitaminas y minerales, indispensables para regular las funciones vitales de los sistemas nervioso e inmunológico, y para los procesos de digestión y reparación del organismo. Las hortalizas de color verde intenso y amarillo contienen betacarotenos que son sustancias que se transforman en vitamina A en el organismo y especialmente ayudan a mantener sana la vista y piel. Cuando están frescas aportan con vitamina C, ayudan al crecimiento, protegen las encías y ayudan a cicatrizar heridas. El Ministerio de salud pública del Ecuador indica que se debe consumir al menos dos porciones diarias de cualquier hortaliza en diferentes preparaciones. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017). Las tablas 1 y 2 muestran algunos alimentos que pertenecen a este grupo y las porciones que debe ingerir el niño o adolescente según su edad, estas medidas se detallan de forma casera y en gramos.

Tabla 1*Porción de verduras recomendadas según rangos de edad*

Alimento	Niña/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Vainitas	Crudas 1 taza	100	Crudas 1 taza	100
Arveja				
Zanahoria	Cocidos o en		Cocidos o en	
Remolacha	puré ½ taza		puré ½ taza	
Brócoli				
Col				
Coliflor				
Zapallo				
Zambo				
Espinaca				
Acelga				
Apio	Crudas 1 taza	60	Crudas en hojas	60
Col			1 taza	
Lechuga				
Tomate riñón				
Pepinillo				
Pimiento				
Zanahoria				

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Las frutas contienen vitaminas, minerales y fibra, necesarios para protegernos contra las enfermedades y mantener un buen estado de salud, es recomendable el consumo diario de tres porciones de frutas. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017).

Tabla 2*Porción de frutas recomendadas según rangos de edad*

Alimento	Niña/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Duraznos	1 unidad	80	1 unidad	80
Guaba	mediana		mediana	
Granadilla				
Mandarina				
Mango				
Manzana				
Naranja				

CONTINÚA 

Pepino Pera Tuna				
Claudia	3 unidades medianas	100	4 unidades pequeñas	100
Babaco Papaya Sandía Piña	½ taza (picado)	70	1 taza (picado)	100

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

b. Grupo 2. Cereales, tubérculos y plátanos

Fuente principal de carbohidratos y vitaminas, proporcionan la mayor parte de energía que se necesita para mantenerse sano y tener un normal crecimiento. Los niños y niñas que hacen actividad física requieren de mayor energía, por lo que deben aumentar el consumo de cereales, tubérculos y plátanos. La tabla 3 muestra ejemplos de cereales tubérculos y plátanos y su porción recomendada. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Tabla 3

Porción de cereales tubérculos y plátanos recomendadas según rangos de edad

Alimento	Niño/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Arroz	5 cucharadas	50	½ taza	80
Avena Quinoa Maíz Trigo	1 cucharada	10	1 cucharada	10
Fideo (plato fuerte)	2/3 taza	100	2/3 taza	100
Pan blanco, integral Tostadas Tortas Tortillas	1 unidad pequeña	40	1 unidad mediana	60

CONTINÚA 

Guineo	½ unidad	75	1 unidad	150
Plátano verde				
Maqueño				
Plátano rosado				

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

c. Grupo 3 Alimentos de origen animal y leguminosas

Representan la fuente principal de proteína de la dieta, son importantes para formar y reparar tejidos. Los alimentos de origen animal son lácteos, carnes, pescados, mariscos y vísceras. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Las tablas 4, 5, 6, 7 y 8 presentan ejemplos de alimentos de origen animal y sus porciones recomendadas.

Tabla 4

Porción diaria de alimentos de origen animal recomendadas según rangos de edad

Alimento	Niño/a (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Corvina	2 onzas	60	3 onzas	90
Pargo				
Bagre			1 filete tamaño	
Cherna	1 filete tamaño		de la palma de	
Picudo	de la palma de		la mano del	
Camotillo	la mano del niño		adolescente	
Trucha				
Res	2 onzas	60	3 onzas	90
Chivo				
Cerdo			1 filete tamaño	
Borrego			de la palma de	
			la mano del	
			adolescente	

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Las leguminosas son una buena fuente de algunos minerales como calcio, hierro, zinc, fósforo, potasio y magnesio, así como de algunas vitaminas hidrosolubles, especialmente tiamina, riboflavina y niacina. La ingestión de algunas

leguminosas producen una disminución del colesterol posiblemente debido a su alto contenido en fibra dietética. (Rivera, 2008)

Tabla 5

Porción diaria de leguminosas recomendadas según rangos de edad

Alimento	Niña/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Frejol	2 onzas	40	7 cucharadas	70
Lenteja	4 cucharas			
Garbanzo				
Arveja				
Chocho				

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Las oleaginosas como maní, nueces, semillas de zambo y zapallo, tocte además de proteínas, son ricos en ácidos grasos esenciales (ácido linoleico y linolénico), nutrientes que el organismo humano es incapaz de sintetizar y que resultan vitales para la formación de las membranas celulares, particularmente de las células nerviosas. El contenido mineral es, fuente de magnesio, fósforo, potasio, calcio y hierro; y oligoelementos como zinc y selenio (ambos con acción antioxidante). (Consumer, 2004)

Tabla 6

Porción diaria de oleaginosas recomendadas según rangos de edad

Alimento	Niña/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Maní	3 cucharas	30	¼ taza	60
Nuez				
Semillas				
Zambo				
Zapallo				
Girasol				

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Para crecer un niño necesita consumir al menos tres tazas de leche o cualquiera de sus equivalencias o derivados. Los lácteos, aportan proteínas de buena calidad;

además, son fuentes de minerales como calcio, fósforo, zinc y magnesio que son indispensables para que los huesos crezcan fuertes y los dientes se mantengan sanos y firmes, también son una buena fuente de vitamina A. Ayudan a prevenir la osteoporosis en la etapa adulta y la vejez. Se debe preferir la leche semidescremada y queso fresco para evitar el consumo alto de grasas saturadas. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Tabla 7

Porción diaria de lácteos recomendados según rangos de edad

Alimento	Niña/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Leche de vaca	1 vaso	240	1 vaso	240
Queso fresco	½ onza	45	½ onza	45
Yogurt natural	1 vaso	240	1 vaso	140

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Los huevos aportan proteínas de buena calidad ya que contienen todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo humano no puede elaborar. Ayudan al crecimiento, por ello se recomienda consumir a edades tempranas. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Tabla 8

Porción diaria de huevos recomendada según rangos de edad

Alimento	Niña/o (5 a 9 años)		Adolescente (10 a 19 años)	
	Medida casera	Gramos	Medida casera	Gramos
Huevo de gallina	1 unidad	50	1 unidad	50
Huevo de codorniz	3 unidad	50	3 unidades	50

Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

2.2.3. Comida saludable

Los niños necesitan comer alimentos con frecuencia: al menos 3 veces al día es decir desayuno, almuerzo y merienda, con 2-3 refrigerios durante el día, donde se abarquen los grupos de alimentos ya detallados, para cubrir la gran necesidad de energía y nutrientes, a estómagos pequeños que no pueden comer grandes porciones de alimentos a la vez. (Probart & Menza, 2013)

a. Desayuno

El desayuno proporciona al niño la energía necesaria para el cumplimiento de sus actividades escolares, por lo tanto, no debe faltar antes de ir a la escuela. Debe proveer energía, proteínas, vitaminas, minerales y aportar con el 20-25% del requerimiento nutricional que el escolar necesita. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

b. Almuerzo

El almuerzo debe aportar con el 30% del requerimiento nutricional del escolar al igual que los otros tiempos de comida debe proporcionar los nutrientes que el niño requiere para crecer, estudiar, jugar, realizar sus actividades diarias. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

En la comida ecuatoriana el almuerzo comúnmente consta de 2 platos principales los cuales son:

Sopa. La sopa es una preparación culinaria que consiste en un líquido con sustancia y sabor. En algunos casos posee ingredientes sólidos de pequeño tamaño sumergidos en su volumen. Si no tuviera ingredientes sólidos (vegetales o productos cárnicos), se considera un caldo alimenticio, base de todas las sopas.

Tradicionalmente, se puede espesar añadiendo al final de la cocción pan o cereales, como el arroz, fideos o pasta menuda. Se suele servir generalmente al inicio de cada comida. (Perez Conesa, 2009)

Fuerte. Se entiende por el plato fuerte al plato principal de una comida o menú, el que por su personalidad define la totalidad de la comida. Y debido a su elaboración y preparación es el más contundente y ofrece una mayor probabilidad de satisfacer el apetito. Esta elaborado a base de distintas carnes y suele estar acompañado por vegetales y en algunos casos, pan de alguna clase (Polaa).

c. Merienda

Las meriendas deben aportar el 20% del requerimiento nutricional, deben ser ligeras porque luego de su consumo, generalmente los escolares van a descansar. Lo ideal es merendar, alimentos de fácil digestión, esto ayuda a conciliar mejor el sueño. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

d. Refrigerios

El refrigerio se proporciona a media mañana y a media tarde, aporta entre el 10 y 15% de requerimientos nutricionales, el niño debe ingerir refrigerios saludables, teniendo a mano frutas y verduras listas para comer, hay que fomentar el consumo de alimentos de alto valor nutritivo, rescatando la alimentación tradicional de la región. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

2.2.4. Cálculo de calorías

En cada una de las comidas se ingiere una combinación de alimentos reunidos en una receta, de donde es posible calcular el porcentaje de macronutrientes y calorías que aporta, con el objetivo de evaluar si es o no una receta equilibrada.

Para realizar los cálculos de calorías en cada una de las recetas se utilizan técnicas matemáticas sencillas, el procedimiento consiste en sumar el aporte de macronutrientes de cada alimento por tipo, para después calcular el aporte total de calorías por macronutrientes de la receta y finalmente el porcentaje de los mismos. (ByrdBredbenner, Beshgetor, Moe, & Berning, 2010).

Los cálculos utilizados son los siguientes (ver ejemplo en sección 4.3 literal a):

$$\text{Calorías_Carbohidratos} : \text{carbohidrato_total}_{receta} \text{ gr} \times \frac{4 \text{ kcal}}{\text{gr}} = \text{kcal}$$

$$\text{Calorías_Grasa} : \text{grasa_total}_{receta} \text{ gr} \times \frac{9 \text{ kcal}}{\text{gr}} = \text{kcal}$$

$$\text{Calorías_Proteína} : \text{proteína_total}_{receta} \text{ gr} \times \frac{4 \text{ kcal}}{\text{gr}} = \text{kcal}$$

$$\text{Calorías_Receta} = \text{Calorías_Carbohidratos} + \text{Calorías_Grasa} + \text{Calorías_Proteína}$$

Para el cálculo de porcentajes de calorías que aportan los macronutrientes se usan las fórmulas:

$$\frac{\text{Calorías_Carbohidratos}}{\text{Calorías_Receta}} \times 100 = \% \text{ de carbohidratos}$$

$$\frac{\text{Calorías_Grasa}}{\text{Calorías_Receta}} \times 100 = \% \text{ de grasa}$$

$$\frac{\text{Calorías_Proteína}}{\text{Calorías_Receta}} \times 100 = \% \text{ de proteína}$$

2.2.5. Combinación de alimentos por tipo

La dieta saludable debe ser variada, es decir, que contenga todos los grupos de alimentos, cereales, tubérculos, plátanos, verduras, frutas, lácteos, carnes, pescados, aceites, leguminosas, elegir de preferencia alimentos naturales. Es importante combinar adecuadamente los alimentos debido a que, no existe uno que contenga todos los nutrientes esenciales (ver sección 2.2 párrafo 2), cada uno contiene nutrientes en mayor o menor cantidad y combinarlos bien permite asimilar mejor los nutrientes. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2017)

Cada tipo de alimento provoca una actividad particular en las glándulas digestivas, y determina la eficacia del jugo gástrico en el aparato digestivo que posee enzimas, las cuales tienen limitaciones concretas al momento de digerir alimentos de diferentes tipos, por esa razón, si no se combina adecuadamente la alimentación, provocaremos graves trastornos. Por el contrario, una adecuada combinación asegura una mejor nutrición y una buena digestión. Puesto que las propiedades y valor de los alimentos varían, se clasifican según su composición y procedencia. (Shelton, 2017)

Esta clasificación orienta mejor las combinaciones debido a que es una sub división de los grupos detallados en la sección 2.2.2.

- Proteínas- grasas: Son los que contienen un alto porcentaje de proteína en su composición. Los más importantes son las legumbres (frejol, lenteja, garbanzo, haba), frutos secos (nuez, almendra), carnes y lácteos.
- Almidones-granos: Son los azúcares y almidones, entre ellos están los cereales (quinua, maíz, trigo, arroz, avena), almidones (papa, yuca, plátano).
- Verduras: hortalizas cuyo color predominante es el verde, se extiende a comestibles de las plantas, como hojas, inflorescencias y tallos (apio, pepino, pimiento, espinaca, zanahoria).
- Frutas dulces: ciruela, higo, banana, manzana, uva.
- Frutas ácidas: Casi todos los ácidos que se ingieren son frutas ácidas (naranja, limón, pina).
- Frutas semi-ácidas: mango, cereza, mandarina.
- Melones: Todo tipo de melón y sandía.

En la figura 1 se pueden combinar los grupos unidos por una flecha doble, las verduras combinan con todos los grupos excepto con el de Melones.

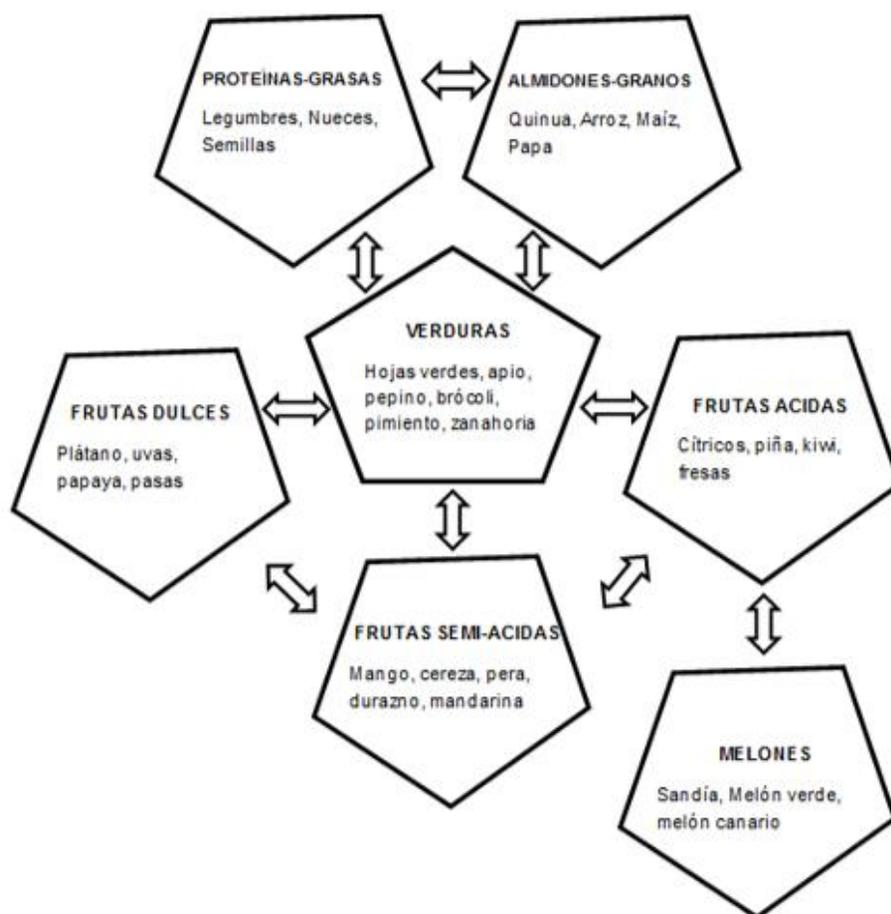


Figura 1 Guía de combinación de alimentos

Fuente: (Rawvana, 2016)

2.3. Sistemas inteligentes

Son sistemas que presentan, como principal característica, su capacidad de adaptación a condiciones variables de su entorno, en pos del cumplimiento de sus objetivos. Para ello debe poseer tres capacidades básicas: (1) Razonar, para obtener conclusiones y, de ahí, tomar sus propias decisiones. (2) Aprender, para adquirir nuevos

conocimientos, a partir de sus experiencias. (3) Interactuar con otros sistemas inteligentes, mediante la comunicación y el entendimiento. (D'Aquila, 2005)

De (1) y (2) surge la capacidad suprema de todo sistema inteligente, de generalizar, para resolver bien situaciones no presentadas durante su proceso de aprendizaje. Comprende la formación de conceptos: transición de una descripción particular de un objeto a una descripción conceptual. Se da por supuesto que el sistema inteligente posee, al menos, una mínima capacidad de memorizar, la que es un imprescindible complemento de todas estas capacidades. (D'Aquila, 2005)

Características esenciales de los sistemas inteligentes

- Razonamiento: para obtener conclusiones y, de ahí, tomar sus propias decisiones.
- Aprendizaje: para adquirir nuevos conocimientos, a partir de sus experiencias.
- Interacción: con otros Sistemas Inteligentes, mediante la comunicación y el entendimiento.
- Generalización: para resolver bien situaciones no presentadas durante su proceso de aprendizaje.
- Memoria: como imprescindible complemento de las demás capacidades.
(D'Aquila, 2005)

Características deseables de los sistemas inteligentes

- Robustez: para poder continuar operando bien con daños parciales.
- Reproducción: para poder mejorar generacionalmente.

Con estas características se establece que un Sistema Inteligente Artificial posee, en general, los mismos elementos que un Sistema Inteligente (natural), pero con características limitadas. (D'Aquila, 2005)

2.3.1. Evolución de los métodos de Inteligencia Artificial, en el proceso de sistemas inteligentes

Se describen cinco etapas cronológicas que van desde el desarrollo del perceptron, la creación de los sistemas expertos, las redes neuronales, la lógica borrosa hasta la creación del primer sistema de inferencia neuro-difusa.

Primera Etapa Cronológica (1950-1960).

En 1957, Frank Rosenblatt publicó su trabajo que consistía en el desarrollo de un elemento llamado "Perceptron" que, es un sistema clasificador de patrones que puede identificar patrones geométricos y abstractos. (Benítez, 2014)

En 1959, Bernard Widrow en Stanford desarrolló un elemento adaptativo lineal llamado "Adaline" (Adaptive Linear Neuron) y versión de dos capas, llamada "Madaline", fueron utilizadas en distintas aplicaciones como reconocimiento de voz y caracteres, predicción del tiempo, control adaptativo y sobre todo en el desarrollo de filtros adaptativos que eliminen los ecos de las líneas telefónicas. (Alba, 2016)

Segunda Etapa Cronológica (1960-1970)

En 1967 Edward Feigenbaum construye DENDRAL que es considerado el primer sistema experto, este es utilizado para identificar estructuras químicas moleculares a partir de su análisis espectrográfico.

En 1969 Kunihiro Fukushima creó un paradigma de red neuronal artificial multicapa para visión a su primer trabajo lo llamo COGNITRON.

Tercera Etapa Cronológica (1970-1980)

A principios de los años 70 Edward Shortliffe desarrollo el sistema experto MYCIN para consulta y diagnóstico de infecciones de la sangre. El sistema introdujo las características de: utilización de conocimiento impreciso para razonar y posibilidad de explicar el proceso de razonamiento. (Sanchez, 2014)

Lofti Asier Zadeh en 1971, realiza la publicación de “Quantitative Fuzzy Semantics” en donde aparecen los elementos formales que dan lugar a la metodología de la Lógica difusa y de sus aplicaciones tal y como se conocen en la actualidad. (Castillo, 2008)

Terence Sejnowski trabajo con modelos matemáticos y biológicos, el con Geoff Hinton descubrieron el algoritmo de la maquina Boltzmann que reconocía un algoritmo de aprendizaje para una red de tres niveles. Aplicaron la máquina a distintas áreas de visión. (Hinton G., 1984)

Cuarta Etapa Cronológica (1980-1990)

En 1982 John Hopfield con la publicación del artículo Hopfield Model o Crossbar Associative Network, junto con la invención del algoritmo Backpropagation, se consiguió devolver el interés y la confianza en el fascinante campo de la computación neuronal tras dos décadas de casi absoluta inactividad y desinterés. Hopfield presenta un sistema de computación neuronal que consiste en elementos procesadores interconectados que buscan y tienden a un mínimo de energía. (Course Hero, s.f.)

Uno de los primeros trabajos que propuso una combinación de métodos de aprendizaje de redes neuronales con los conceptos de sistemas difusos fue propuesto en 1985 por Keller y Hunt, propusieron un enfoque para estabilizar el algoritmo de aprendizaje del perceptrón para los problemas de clasificación utilizando técnicas difusas. Introdujeron una pertenencia difusa de los elementos de datos a las clases buscadas con el fin de mejorar la convergencia del algoritmo de aprendizaje. (Nauck, 2013)

En 1987 Bart Kosko creó una familia de paradigmas de redes de neuronas artificiales llamados memorias asociativas bidimensionales que extienden a las autoasociativas de Hebb de un nivel a dos utilizando aprendizaje sin supervisión. (Castellanos, 2013)

Quinta Etapa Cronológica (1990 al presente)

A principios de 1990 se desarrolla ANFIS (sistema de inferencia neural-difusa adaptativo) que es un tipo de red neuronal artificial que se basa en el sistema de inferencia difusa Takagi-Sugeno. Esta integra las redes neuronales y los principios de

lógica difusa. Su sistema de inferencia corresponde a un conjunto de reglas difusas IF-THEN que tienen capacidad de aprendizaje para aproximar funciones no lineales. Por lo tanto, ANFIS se considera un estimador universal. (Jang, 1993)

En 1992 aparece FSOM (Fuzzy Self-Organizing Maps) que es un modelo neural-difuso en el que los conjuntos difusos y las redes neuronales artificiales, en lugar de ser modelos autónomos, coexisten en un modelo completo. Específicamente un mapa kohonen auto-organizado se combina con el algoritmo fuzzy c-means.

Hoy en día existen muchos grupos en diferentes universidades del mundo que realizan investigaciones en el área de las redes neuronales artificiales, estos grupos tienen distinto énfasis con los neurólogos, psicólogos del conocimiento, físicos, programadores y matemáticos. (Rubio, 2013)

2.3.2. Ramas de la Inteligencia Artificial en sistemas inteligentes

Debido a su naturaleza la inteligencia artificial cuenta con muchas ramas de estudio, cada una es el surgimiento de nuevos paradigmas en el ámbito de la investigación computacional que permitieron nuevas técnicas de programación, éstas incluyen los sistemas expertos, la robótica, el procesamiento del lenguaje natural, reconocimiento del habla, algoritmos genéticos, la lógica difusa, las redes neuronales, los sistemas neural-difusos; para el desarrollo del sistema inteligente solo se trataran a detalle las tres últimas ramas nombradas. (Icopcion, 2011)

a. Lógica Difusa

La lógica difusa es una metodología que proporciona una manera simple de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o

incompleta. En general imita como una persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas. El concepto de Lógica Difusa fue concebido por Lofti A. Zaded, profesor de la Universidad de California en Berkeley, quién la presentó como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos, que en contra posición a los clásicos los denominó Conjuntos Difusos(fuzzy sets) (DE VITO, 2006).

Básicamente, cualquier problema del mundo puede resolverse como, dado un conjunto de variables de entrada (espacio de entrada), obtener un valor adecuado de variables de salida (espacio de salida). La lógica difusa permite establecer este mapeo de una forma adecuada, atendiendo a criterios de significado y no de precisión. (Gonzales Morcillo, Lógica difusa Una introducción práctica, 2011)

Las principales características de la lógica difusa son:

- Formular conocimiento humano de una forma sistemática, que puede ser fácilmente incluido en sistemas de ingeniería.
- Son especialmente interesantes para la definición de sistemas cuyo modelo exacto es difícil de obtener (es necesario introducir una aproximación).
- La inferencia puede verse como un proceso de propagación de restricciones difusas (ambiguas, imprecisas, con ruido o incompletas).
- Se utiliza ampliamente en sistemas de ayuda a la decisión.

A partir del concepto principal de lógica difusa se determinan los elementos necesarios para formar un sistema difuso, los cuales son: conjuntos difusos que determinan el grado

de pertinencia de cada variable difusa (ej. mucho, poco, normal), reglas difusas que determinan las relaciones que se dan entre los conjuntos difusos y la inferencia difusa es el proceso por el que se determina el valor de salida.

a) Conjuntos difusos

Los conocimientos se asocian a conjuntos difusos (asociando los valores de pertenencia) en un proceso llamado fuzzificación. Una vez que se tienen los valores fuzzificados se puede trabajar con reglas lingüísticas y obtener una salida, que podrá seguir siendo difusa o defuzzificada para obtener un valor discreto. La idea básica de un conjunto difuso es que, un elemento forma parte de un conjunto con un determinado grado de pertenencia. De este modo una proposición no es totalmente sino parcialmente cierta o falsa. Este grado se expresa mediante un entero en el intervalo $[0, 1]$ (Gonzales Morcillo, Lógica Difusa Una introducción práctica, 2011).

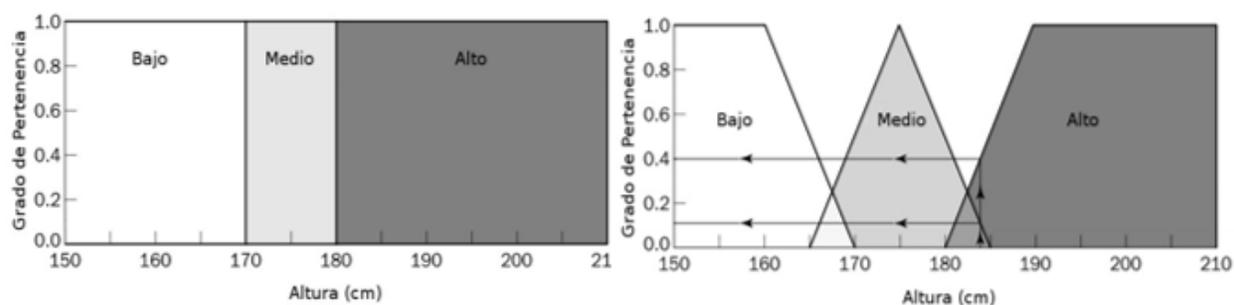


Figura 2 Ejemplo de representación de conjuntos clásicos (izquierda) a conjuntos difusos (derecha)

Fuente: (Gonzales Morcillo, Lógica Difusa Una introducción práctica, 2011)

En la figura 2 se muestra un ejemplo para la catalogar la altura de una persona. La grafica izquierda representa con conjuntos clásicos el valor del grado de pertinencia que es 0 o

1. En la derecha se observa el mismo ejemplo representado en conjuntos difusos donde el grado de pertinencia se representa con valores en el intervalo [0, 1].

b) Representación de conjuntos difusos

Para definir un conjunto difuso hay que definir su función de pertenencia. Un método habitual es preguntar a un experto sobre el dominio del problema y representarlo mediante diferentes funciones típicamente triangulares y trapezoidales. Para representar un conjunto difuso continuo en un ordenador necesitamos expresar esa función de pertenencia y mapear los elementos del conjunto con su grado de pertenencia (Gonzales Morcillo, *Lógica Difusa Una introducción práctica*, 2011).

- **Función trapezoidal**

Se utiliza habitualmente en sistemas sencillos, pues permite definir un conjunto con pocos datos y calcular su valor de pertenencia con pocos cálculos. Se define con una serie de rangos que se muestran en la figura 3 (Del Brio & Sanz, 2002):

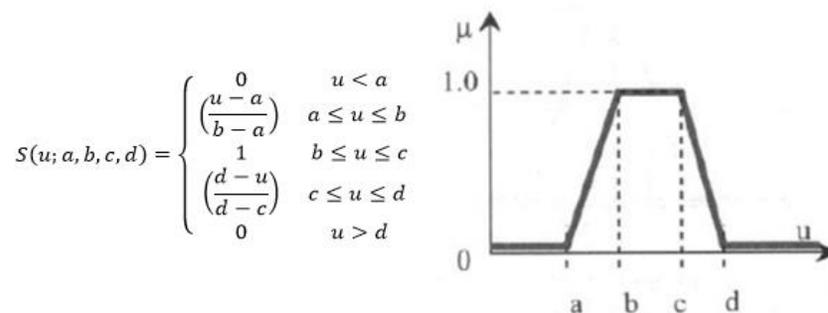


Figura 3 Función trapezoidal

Fuente: (Del Brio & Sanz, 2002)

- **Función Triangular**

Esta función es adecuada para modelar propiedades con valor de inclusión distinto de cero para un rango de valores estrechos en torno a un punto b . Se define con los rangos descritos en la figura 4 (Del Brio & Sanz, 2002).

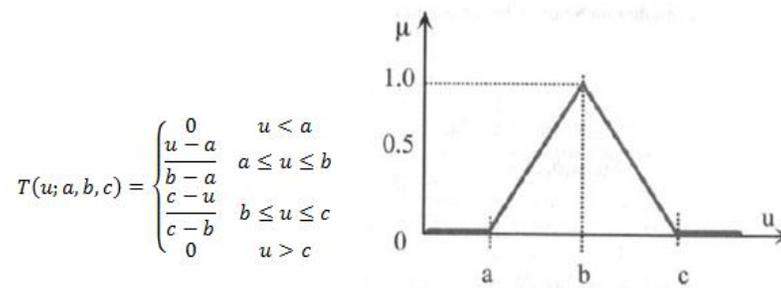


Figura 4 Función Triangular

Fuente: (Del Brio & Sanz, 2002)

c) Reglas Difusas

Las reglas difusas combinan uno o más conjuntos difusos de entrada llamados antecedentes o premisas, se les asocian un conjunto difuso de salida, llamado consecuente o consecuencia. Los antecedentes se asocian por conjuntivas lógicas “y”, “o”. Un ejemplo de tipo IF-THEN sería “Si error es positivo_pequeño y derivada_de_error es negativo_pequeño Entonces acción es positiva_pequeña”. Las reglas difusas permiten expresar el conocimiento que se dispone sobre la relación entre antecedentes y consecuentes; para esto se necesita de varias reglas, que se agrupan formando una base de reglas (Del Brio & Sanz, 2002).

d) Inferencia Difusa

Una vez comprendido los conceptos básicos de lógica difusa, conjuntos difusos y reglas difusas, se completa un sistema de inferencia difusa. La inferencia difusa puede definirse como el proceso de obtener un valor de salida para un valor de entrada empleando la teoría de conjuntos difusos. En general un sistema de inferencia difusa cuenta con 4 módulos (Gonzales Morcillo, Lógica difusa Una introducción práctica, 2011)(figura 5):

- **Módulo Fuzzificador:** convierte las entradas al sistema, que son valores numéricos en conjuntos difusos.
- **Base de conocimiento:** almacena las reglas IF-THEN obtenidas de expertos.
- **Motor de inferencia:** simula el razonamiento humano haciendo inferencia sobre las entradas y las reglas IF-THEN.
- **Módulo de defuzzificador:** convierte el conjunto difuso obtenido por el motor de inferencia en un valor numérico.

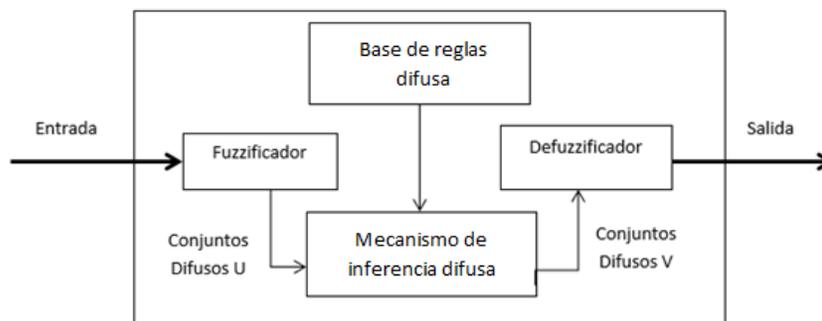


Figura 5 Estructura de un sistema de inferencia difuso

Fuente: (Palma & Marín, 2008)

a. Inferencia de Mamdani

Es posiblemente el método más ampliamente utilizado, propuesto por Ebrahim Mamdani en 1975. El método de Mamdani utiliza un conjunto de reglas difusas “SI-ENTONCES” (IF-THEN). Toma como entrada los valores de la fuzzificación y se aplican a los antecedentes de las reglas difusas. Si una regla tiene múltiples antecedentes, se utiliza el operador AND u OR para obtener un único número que represente el resultado de la evaluación. Este número (el valor de verdad) se aplica al consecuente (Diciembre Sanahuja, 2017). El proceso se realiza en cuatro pasos (figura 6):

- Fuzificación de las variables de entrada
- Evaluación de las reglas
- Agregación de las salidas de las reglas
- Defuzificación.

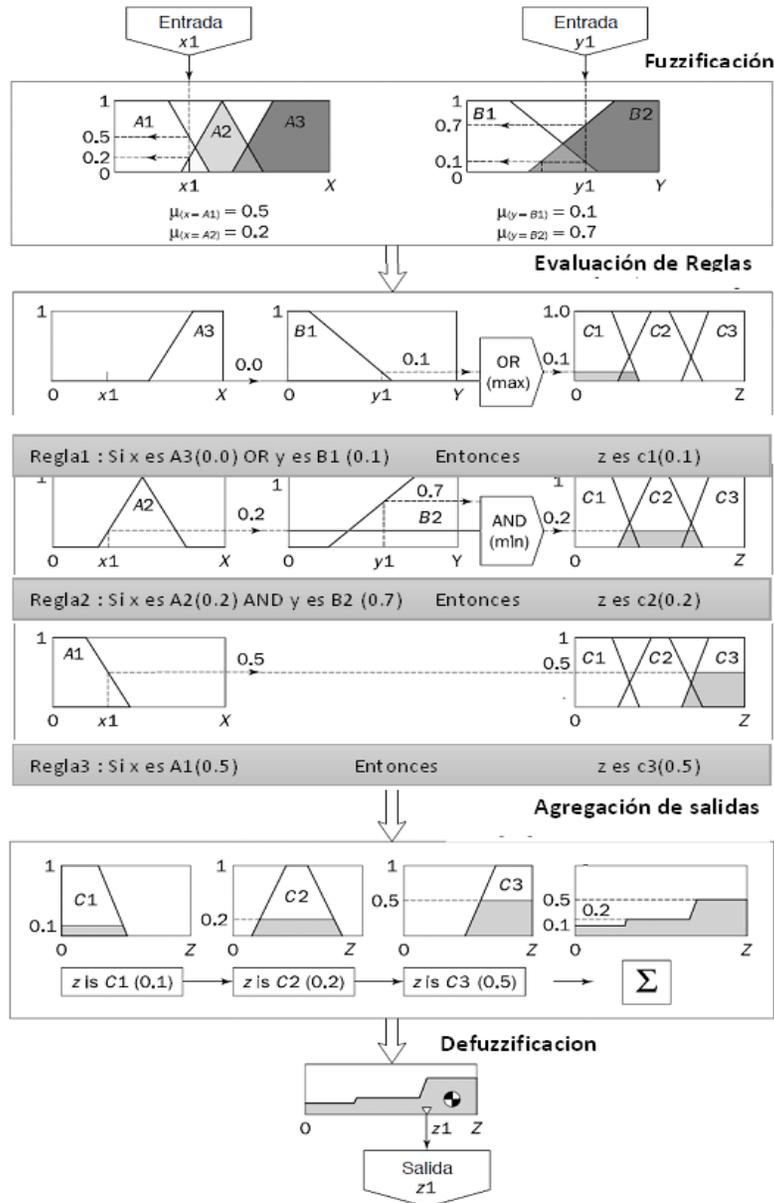


Figura 6 Estructura básica de inferencia de Mamdani

Fuente: (Gonzales Morcillo, Lógica Difusa Una introducción práctica, 2011)

Fuzzificación

El primer paso consiste en tomar los valores numéricos de las entradas y determinar el grado de pertenencia de estas entradas a los conjuntos difusos asociados.

De este modo cada entrada se fuzifica sobre todas las funciones de pertenencia utilizadas en las reglas difusas (Gonzales Morcillo, Lógica difusa Una introducción práctica, 2011).

Evaluación de Reglas

Tomamos las entradas anteriores y se aplican a los antecedentes de las reglas difusas. Si una regla tiene múltiples antecedentes, se utiliza el operador AND u OR para obtener un único número que represente el resultado de la evaluación. Este número (el valor de verdad) se aplica al consecuente. Para evaluar la disyunción (operador OR) habitualmente se emplea la T-Conorma estándar (máximo). De igual forma, para el AND se usa habitualmente la T-Norma estándar del mínimo. Finalmente, el resultado de la evaluación del antecedente se aplica al consecuente, aplicando un recorte o escalado según el valor de verdad del antecedente. El método más comúnmente utilizado es el recorte (clipping) que corta el consecuente con el valor de verdad del antecedente. El escalado proporciona un valor más preciso, preservando la forma original del conjunto difuso. Se obtiene multiplicando todos los valores por el valor de verdad del antecedente (Gonzales Morcillo, Lógica Difusa Una introducción práctica, 2011).

Agregación de las salidas

La agregación es el proceso de unificación de las salidas de todas las reglas; es decir, se combinan las funciones de pertenencia de todos los consecuentes previamente recortados o escalados, combinando para obtener un único conjunto difuso por cada variable de salida (Gonzales Morcillo, Lógica Difusa Una introducción práctica, 2011).

Defuzificación

El resultado final habitualmente es necesario expresarlo mediante un valor numérico. En esta etapa se toma como entrada el conjunto difuso anteriormente obtenido para dar un valor de salida. Existen varios métodos de defuzificación, pero probablemente el más ampliamente usado es el centroide; que calcula el punto donde una línea vertical divide el conjunto en dos áreas con igual masa (Gonzales Morcillo, *Lógica Difusa Una introducción práctica*, 2011).

b. Redes Neuronales Artificiales

Es un sistema de computación compuesto por un gran número de elementos simples llamados unidades neuronales simples (neuronas artificiales), elementos de procesos muy interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas. El objetivo de la red neuronal es resolver los problemas de la misma manera que el cerebro humano, aunque las redes neuronales son más abstractas. (Matich, 2001)

Algunas de las tareas donde se aplican redes neuronales artificiales son:

- Aproximación de funciones, o el análisis de regresión, incluyendo la predicción de series temporales, funciones de aptitud y el modelado.
- Clasificación, incluyendo el reconocimiento de patrones y la secuencia de reconocimiento, detección y de la toma de decisiones secuenciales.
- Procesamiento de datos, incluyendo el filtrado, el agrupamiento, la separación ciega de las señales y compresión.

- Robótica, incluyendo la dirección de manipuladores y prótesis.

Ingeniería de control, incluyendo control numérico por computadora. (Matich, 2001)

Las áreas de aplicación incluyen la identificación de sistemas y el control (control del vehículo, predicción de trayectorias, el control de procesos, manejo de recursos naturales), la química cuántica, juegos y la toma de decisiones (backgammon, ajedrez, póquer), el reconocimiento de patrones (sistemas radar, reconocimiento facial, clasificación de señales, reconocimiento de objetos), de reconocimiento de secuencia (gesto, voz, reconocimiento de texto escrito a mano), diagnóstico médico, aplicaciones financieras, minería de datos, prevención de spam (correo basura) de correo electrónico. (Matich, 2001)

Las redes perceptron son las más simples puede resolver problemas linealmente separables, las redes multicapa sobrepasan esta dificultad basándose en el algoritmo de propagación inversa para redes multicapa. A continuación, se describen a detalle.

Redes neuronales de una sola capa (perceptron)

Fue el primer modelo de Red Neuronal Artificial supervisada. Es la más simple de las redes neuronales, es un discriminador lineal que traza su entrada a un único valor de salida. (figura 7). Tiene un vector de pesos reales con el que se calcula una suma ponderada y usa un umbral para representar el grado de inhibición de la neurona. El valor de salida se usa para clasificar el patrón (x) como un caso positivo o un caso negativo, en el caso de un problema de clasificación binario (Valdivieso, 2016)

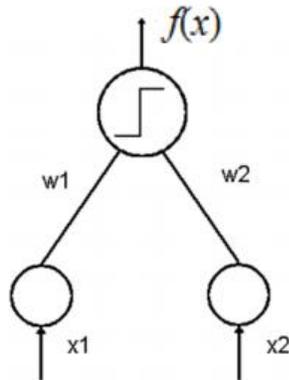


Figura 7 Redes neuronales de una sola capa (perceptron)

Fuente: (Valdivieso, 2016)

Redes neuronales multicapa (backpropagation)

Las redes Backpropagation tienen un método de entrenamiento supervisado que, consiste en el aprendizaje de un conjunto predefinido de pares de entradas-salidas dados como ejemplo, primero se aplica un patrón de entrada como estímulo para la primera capa de las neuronas de la red. Se va propagando a través de todas las capas superiores hasta generar una salida. Se compara el resultado en las neuronas de salida con la salida que se desea obtener y se calcula un valor de error para cada neurona de salida. (Freeman & Skapura, 1993)

A continuación, estos errores se transmiten hacia atrás, partiendo de la capa de salida hacia todas las neuronas de la capa intermedia que contribuyan directamente a la salida. Este proceso se repite, capa por capa, hasta que todas las neuronas de la red hayan recibido un error que describa su aportación relativa al error total. Basándose en el valor del error recibido, se reajustan los pesos de conexión de cada neurona, de

manera que en la siguiente vez que se presente el mismo patrón, la salida esté más cercana a la deseada. (Freeman & Skapura, 1993)

La estructura y el aprendizaje de la Red Backpropagation ya detallados se muestran en la figura 8.

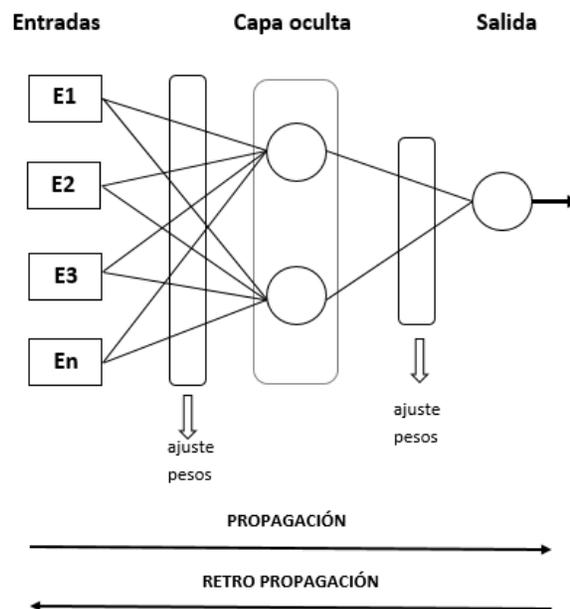


Figura 8 Estructura backpropagation

Fuente: (Viera, 2013)

Pasos para aplicar el Algoritmo de Entrenamiento

Paso 1. Inicializar los pesos de la red con valores pequeños aleatorios.

Paso 2. Presentar un patrón de entrada y especificar la salida deseada que debe generar la red.

Paso 3. Calcular la salida actual de la red. Para ello se presentan las entradas a la red y se calcula la salida de cada capa hasta llegar a la capa de salida, ésta será la salida de la red.

- Se calculan las entradas netas para las neuronas ocultas procedentes de las neuronas de entrada. Para una neurona i oculta: en donde el índice h se refiere a magnitudes de la capa oculta; el subíndice p , al p -ésimo vector de entrenamiento, y j a la j -ésima neurona oculta. El término θ puede ser opcional, pues actúa como una entrada más. (Freeman & Skapura, 1993)

$$net_{pj}^h = \sum_{i=1}^N w_{ji}^h x_{pi} + \theta_j^h$$

- Se calculan las salidas de las neuronas ocultas:

$$y_{pj} = f_j^h(net_{pj}^h)$$

- Se pasa a la capa de salida. Se calculan los valores netos de las entradas para cada unidad:

$$net_{pk}^o = \sum_{j=1}^L w_{kj}^o y_{pj} + \theta_k^o$$

- Se calculan las salidas

$$y_{pk} = f_k^o(net_{pk}^o)$$

Paso 4. Calcular los términos de error para todas las neuronas. Si la neurona k es una neurona de la capa de salida, el valor de la delta es:

$$\delta_{pk}^o = (d_{pk} - y_{pk})f_k^{o'}(net_{pk}^o)$$

La función f debe ser derivable. En general se dispone de dos formas de función de salida:

La función lineal: $f_k(net_{jk}) = net_{jk}$

La función sigmoideal: $f_k(net_{jk}) = \frac{1}{1+e^{-net_{jk}}}$

La selección de la función depende de la forma que se decida representar la salida: si se desea que las neuronas de salida sean binarias, se utiliza la función **sigmoideal**, en otros casos, la **lineal**.

Los términos de error para las neuronas de salida quedan:

Salida lineal: $\delta_{pk}^o = (d_{pk} - y_{pk})$

Salida sigmoideal: $\delta_{pk}^o = (d_{pk} - y_{pk})y_{pk}(1 - y_{pk})$

Si la neurona i no es de salida, entonces la derivada parcial del error no puede ser evaluada directamente, por tanto, se obtiene el desarrollo a partir de valores que son conocidos y otros que pueden ser evaluados. (Freeman & Skapura, 1993)

La expresión obtenida en este caso es:

$$\delta_{pj}^h = f_j^{h'}(net_{pj}^h) \sum_k \delta_{pk}^o w_{kj}^o$$

El error en las capas ocultas depende de todos los términos de error de la capa de salida.

De aquí surge el término propagación hacia atrás.

Paso 5. Actualización de los pesos: para ello utilizamos un algoritmo recursivo, comenzando por las neuronas de salida y trabajando hacia atrás hasta llegar a la capa de entrada, ajustando los pesos de la siguiente forma:

Para los pesos de las neuronas de la capa de salida:

$$w_{kj}^o(t+1) = w_{kj}^o(t) + \Delta w_{kj}^o(t+1)$$

$$\Delta w_{kj}^o(t+1) = \alpha \delta_{pk}^o y_{pj}$$

Para los pesos de las neuronas de la capa oculta:

$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \Delta w_{ji}^h(t+1)$$

$$\Delta w_{ji}^h(t+1) = \alpha \delta_{pj}^h x_{pi}$$

En ambos casos, para acelerar el proceso de aprendizaje se puede añadir un término momento.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \delta_{pk}^2$$

Paso 6. El proceso se repite hasta que el término de error: Sea aceptablemente pequeño para cada uno de los patrones aprendidos. (Freeman & Skapura, 1993)

Número de neuronas en la capa oculta

La capa intermedia de la red neuronal multicapa realiza una proyección de los patrones de entrada en un cubo cuya dimensión viene dada por el número de capas ocultas. Se trata de realizar una proyección en la que resulten separables linealmente los

patrones de entrada de manera que la unidad de salida pueda realizar una clasificación correcta. (Universidad de Málaga LCC)

Del número de neuronas en la capa oculta, dependerá la precisión y la capacidad de generalización de una red neuronal. Este número debe ser suficiente para la realización correcta de la tarea, pero lo suficientemente bajo para permitir la generalización. Entre más complejo sea el problema, se requiere un mayor número de neuronas en la capa oculta. Cualquier problema que requiera una compresión de datos presenta una capa oculta con un menor número de neuronas que en la capa de entrada. (ESCOM, 2009)

De acuerdo con Hecht-Neilson basado en el teorema de Kolmogorov, “El número de neuronas en la capa oculta no requieren ser más grande que dos veces el número de entradas”, en conclusión, no se escoje el número mayor a dos veces el número de unidades de entrada. Existe un compromiso entre la generalización (menos neuronas ocultas) y la precisión (mas neuronas ocultas) lo cual será de aplicación específica. (ESCOM, 2009)

c. Sistemas híbridos neural-difusos (neuro-fuzzy)

La hibridación neural-difusa resulta en un sistema inteligente híbrido que combina el estilo de razonamiento humano mediante el uso de conjuntos difusos de los sistemas difusos, con el aprendizaje y la estructura por conexiones de las redes neuronales. (Fullér, 1999)

Las redes neuro-difusas tienen principalmente las siguientes características:

- El conocimiento humano: se utiliza en forma de reglas If-Then para solucionar problemas reales.
- Inspiración en modelos biológicos: inspiradas por las redes neuronales biológicas, las redes neuronales artificiales son un pilar básico de las redes neuronales difusas, permitiendo tratar con problemas de percepción, reconocimiento de patrones o clasificación.
- Diversos dominios de aplicación: procesado adaptativo de señales, control adaptativo, identificación de sistemas no lineales, regresión no lineal, reconocimiento de patrones, etc.
- Muy indicadas en la resolución de problemas reales: la mayoría de los problemas reales son de magnitud considerable y se construyen sobre afirmaciones que no se conocen con total certeza. Esto excluye la utilización de métodos convencionales que requieren una descripción detallada del problema a resolver. (Martín, 2000)

Los sistemas inteligentes híbridos que combinan lógica difusa y redes neuronales están demostrando su eficacia en una amplia variedad de problemas del mundo real. La lógica difusa y las redes neuronales tienen propiedades computacionales particulares que las hacen adecuadas para problemas particulares y no para otros. Mientras que las redes neuronales son buenas para reconocer patrones, no son buenas para explicar cómo toman sus decisiones. Los sistemas de lógica difusa, que pueden razonar con información imprecisa, son buenos para explicar sus decisiones, pero no pueden adquirir

automáticamente las reglas que necesitan para tomar esas decisiones. Estas limitaciones han sido una fuerza motriz central detrás de la creación de sistemas híbridos inteligentes en los que dos o más técnicas se combinan de manera que se superen las limitaciones de las técnicas individuales. (Fullér, 1999)

Hoy en día existen varias arquitecturas que se basan en la unión de la lógica difusa y operaciones neuronales, encontramos por ejemplo La fuzzy ARTMAP esta arquitectura presenta la característica de ser auto organizativa lo que le permite de aprender a reconocer de forma rápida y efectiva, además de brindar la facilidad en datos de entrada debido a la predicción de consecuencias de manera virtual para cualquier entrada. La forma de utilización de esta arquitectura es casi por completo para clasificación, y además solo cuenta con un parámetro de interfaz. (Academia, s.f.)

Modelos de sistemas neural-fuzzy

Dos modelos de sistemas neurales difusos son:

- Figura 9: Ingresando los valores de entrada al bloque de inferencia difusa, este proporciona un vector de entrada a una red neuronal multicapa. Los datos de salida de la red neuronal pueden ser adaptados para obtener los resultados o decisiones de mando deseados. (Fullér, 1999)

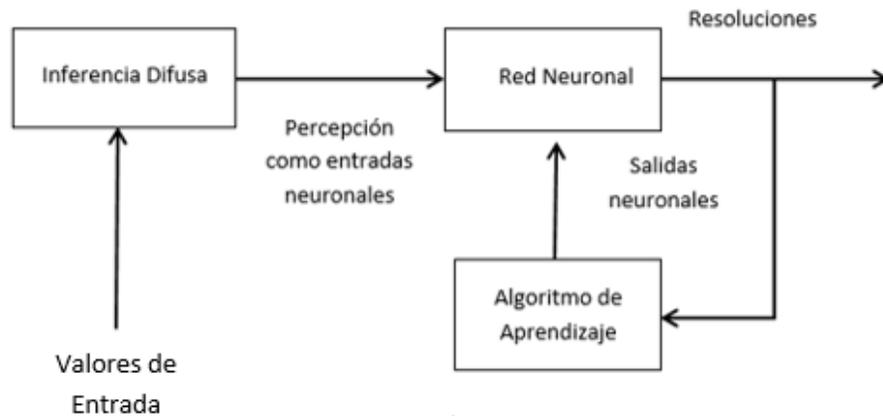


Figura 9 Primer modelo de sistema neural difuso

Fuente: (Fullér, 1999)

- Figura 10: Se adaptan las variables del caso como las entradas neuronales, la red neuronal de múltiples capas, da las entradas para impulsar el mecanismo de inferencia difusa y obtener los resultados o decisiones de mando deseadas.

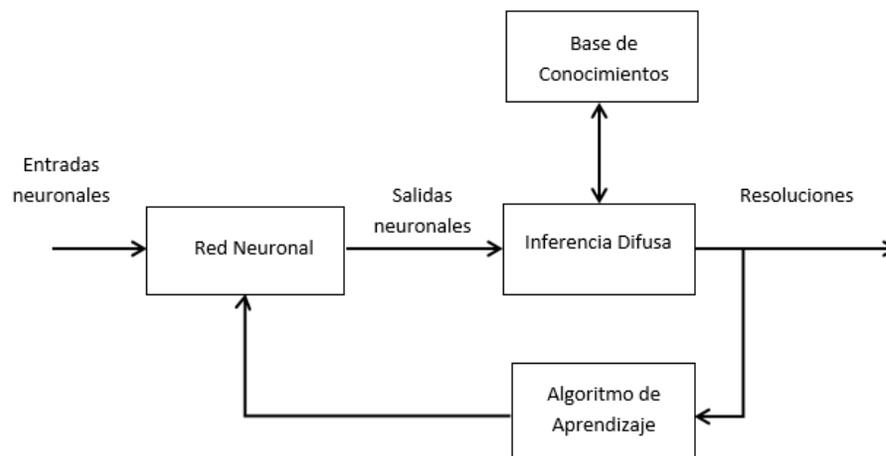


Figura 10 Segundo modelo de sistema neural difuso

Fuente: (Fullér, 1999)

2.4. Metodología MAS-CommonKADS

La metodología MAS-CommonKADS permite la integración de técnicas de la ingeniería de conocimientos, ingeniería de software orientada a objetos e ingeniería de software de protocolos. Se desarrolla a través de la construcción de siete modelos:

- Modelo de Agente
- Modelo de Tarea
- Modelo de la Experiencia
- Modelo de Coordinación
- Modelo de Comunicación
- Modelo de la Organización
- Modelo de Diseño

La aplicación de la metodología consiste en el desarrollo de los modelos. Cada modelo está compuesto por constituyentes (entidades modeladas) y relaciones entre los constituyentes. Se define una plantilla textual para describir cada constituyente, y estados de los constituyentes para describir su estado de desarrollo. (Fernández, 1998)

Previo al desarrollo de los modelos la metodología inicia con la conceptualización donde, el objetivo principal es comprender mejor cuál es el sistema que desea el cliente. Los principales resultados de esta fase serán una identificación de los objetivos que debe satisfacer el sistema desde el punto de vista del usuario, junto con la identificación de los actores que interactúan con el sistema. (Fernández, 1998)

2.4.1. Fases de desarrollo de MAS-CommonKADS

El modelo de ciclo de vida para el desarrollo de sistemas multiagente con CommonKADS se muestra en la figura 11, los modelos de coordinación, organización, experiencia, tareas, y comunicación se centran en el modelo del agente:

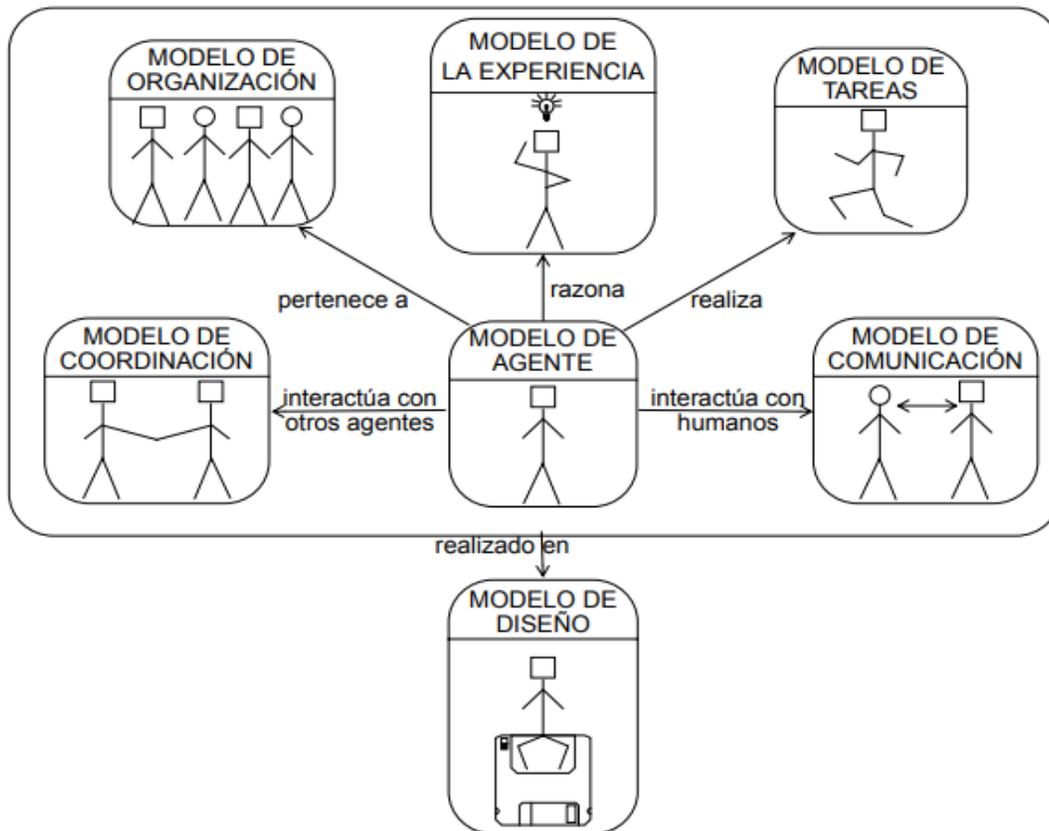


Figura 11 Fases de desarrollo de MAS-CommonKADS

Fuente: (Fernández, 1998)

a. Conceptuación

MAS-CommonKADS incorpora la técnica de casos de uso en el ciclo de vida de CommonKADS, esta técnica parece adecuada para el desarrollo de sistemas basados

en conocimiento y, en particular, de sistemas multiagente. El empleo de casos de uso permite obtener los requisitos de los usuarios y generar casos de prueba. La formalización con MSC (Diagrama de Secuencia de Mensajes, Message Sequence Chart) (figura 12) de las interacciones de los casos de uso facilita la comprensión de los mismos. (Fernández, 1998)

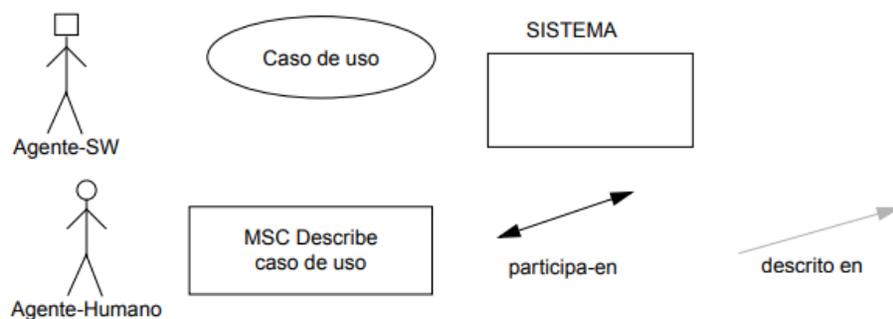


Figura 12 Notación de los casos de uso

Fuente: (Fernández, 1998)

b. Modelo de Agente

Los agentes se caracterizan por tener objetivos. Un objetivo es una responsabilidad aceptada por el agente. Los objetivos pueden adoptarse desde el nacimiento del agente (objetivos iniciales) o en el transcurso de la ejecución del agente. Los objetivos pueden ser persistentes (deben cumplirse siempre, por ejemplo, minimizar la interacción con el usuario) o no persistentes, si una vez logrados dejan de ser objetivos (por ejemplo, alcanzar una posición en un tablero).

La principal distinción para clasificar a los agentes es entre agentes software y agentes humanos. Mientras que no se puede esperar la captura completa de las

habilidades y restricciones de los agentes humanos, sí deben especificarse para los agentes software. Esta distinción se refleja con distintos símbolos para representar a ambos tipos de agentes y dos modelos (coordinación, comunicación) para especificar sus comunicaciones. (Fernández, 1998)

El modelo de agente tiene como propósito:

- La especificación de los diversos agentes involucrados en la resolución del problema. Sirve tanto para describir los agentes existentes antes de la introducción del sistema multiagente desarrollado como después de la misma. También permite la descripción de los usuarios humanos del sistema.
- La descripción del impacto en la modificación de las tareas desempeñadas por los humanos tras la introducción del sistema multiagente. (Fernández, 1998)

El resultado de esta etapa es un conjunto de plantillas de agentes (figura 13), en la que se describe las cualidades del agente. Además, un conjunto de objetivos identificados por cada agente, los objetivos se describen por medio de plantillas de objetivos (figura 14).

Agente

nombre El nombre del agente/clase/grupo es una cadena de texto corta. El nombre debe ser único dentro del modelo de agente, ya que es el principal mecanismo de referencia para especificar las relaciones entre agentes/clases/grupos.

tipo Clase(s) de la que se deriva el agente/clase. Hay dos clases básicas: agente humano y agente software. Dentro de los agentes software, pueden especificarse más clases: agente estacionario o agente móvil, agente de internet, etc

descripción Una descripción del agente, clase o grupo en lenguaje natural. La descripción típicamente contiene una versión más elaborada de las características del agente, clase o grupo y de sus posibles funciones junto con notas que no caben en el resto de ranuras.

capacidad-razonamiento requisitos en la experiencia del agente necesarios para poder cumplir los objetivos asignados, comunicarse con el usuario y comunicarse con el resto de agentes.

experiencia Ejemplares del modelo de la experiencia desarrollados para poder cumplir los objetivos asignados.

comunicación Requisitos del agente procedentes de su interacción con agentes humanos descrita en uno o varios ejemplares del modelo de comunicación.

Restricción Normas, preferencias y permisos que debe seguir el agente.

normas Normas que indiquen cómo debe comportarse el agente en determinadas ocasiones. Estas normas facilitan la coordinación entre los agentes y la evitación de conflictos.

preferencias Preferencias de un agente para realizar una tarea cuando hay varias alternativas. Algunas de las preferencias estándar de un agente son: la política del

buzón (en qué orden se procesarán los mensajes recibidos); la política de clientes (preferencias para servir o no a un cliente), la política de servidores (a quién se solicita un servicio si hay varios servidores posibles; por ejemplo, a servidores locales, etc.).

permisos Permisos de acceso y modificación de la información del agente, así como de las acciones que puede realizar.

coordinación Requisitos del agente procedentes de su interacción con agentes software descrita en uno o varios ejemplares del modelo de coordinación.

capacidad-general entidad Requisitos genéricos del agente, en concreto se deben describir los requisitos sobre los sensores y actuadores del agente, y los lenguajes de comunicación conocidos.

habilidades Descripción de las capacidades requeridas por un agente para percibir cambios en su entorno (sensores) y manipularlo (actuadores).

lenguaje-com Lenguajes de comunicación que un agente necesita conocer, descritos en el modelo de coordinación.

Figura 13 Plantilla de Agente

Fuente: (Fernández, 1998)

Objetivo. Responsabilidad asignada o adoptada por un agente. La ejecución de esta responsabilidad puede realizarse mediante la ejecución de una determinada tarea o mediante un mecanismo de planificación.

nombre El nombre del objetivo es una cadena de texto corta. El nombre debe ser único dentro del modelo de agente, ya que es el principal mecanismo de referencia para especificar las relaciones entre objetivos.

tipo Dependiendo de la aplicación, puede ser interesante distinguir entre objetivos persistentes y no persistentes, objetivos finales u objetivos intermedios (subobjetivos), objetivos reactivos (p.ej. no chocar), etc.

descripción Una descripción del objetivo en lenguaje natural. La descripción contiene una versión más elaborada de los fines del objetivo, condiciones de éxito o fracaso del objetivo, etc.

Figura 14 Plantilla de objetivos

Fuente: (Fernández, 1998)

c. Modelo de Tareas

El modelo de tareas (figura 15) permite describir las actividades relacionadas para alcanzar un objetivo. El objetivo del desarrollo del modelo de tareas es documentar la situación actual y futura de la organización, facilitar la gestión de cambios, y ayudar a estudiar el alcance y viabilidad del sistema inteligente que se desea desarrollar. Las tareas cognitivas que se deseen implementar se detallarán en un modelo de la experiencia, mientras que las tareas de comunicación se detallarán en un modelo de comunicación (comunicación humana) o coordinación (comunicación con agentes). (Fernández, 1998)

Tarea Representación de una tarea. Una tarea se refiere al conjunto de actividades que se realizan para conseguir un objetivo en un dominio dado.

nombre Nombre de una tarea es una cadena de texto corta. El nombre debe ser único en el modelo de tareas, ya que es el principal mecanismo de referencia empleado para especificar las relaciones entre tareas.

objetivo Especificación de cómo transformar las entradas en salidas. El enunciado del objetivo debe ser conciso, resaltando los aspectos más importantes del cometido de la tarea.

descripción Una descripción de la tarea en lenguaje natural. La descripción contiene típicamente una versión más elaborada del objetivo, junto con notas de los aspectos más importantes de la tarea que no caben en otras ranuras de la tarea.

precondición Las precondiciones de una tarea representan los requisitos sobre el entorno que deberían darse para poder ejecutarla, aparte de la disponibilidad de la entrada. Como ejemplo de estas precondiciones, se puede citar que alguna otra tarea haya sido realizada, o que alguna decisión de gestión haya sido tomada.

Figura 15 Plantilla de modelo de tareas

Fuente: (Fernández, 1998)

La notación del modelo de tareas no es estricta, sino que se deja abierta al usuario de la metodología. Las notaciones habituales son texto estructurado (plantillas), grafos,

tablas, representaciones formales, diagramas de flujo de datos, notación alternativa (figura16). (Fernández, 1998)

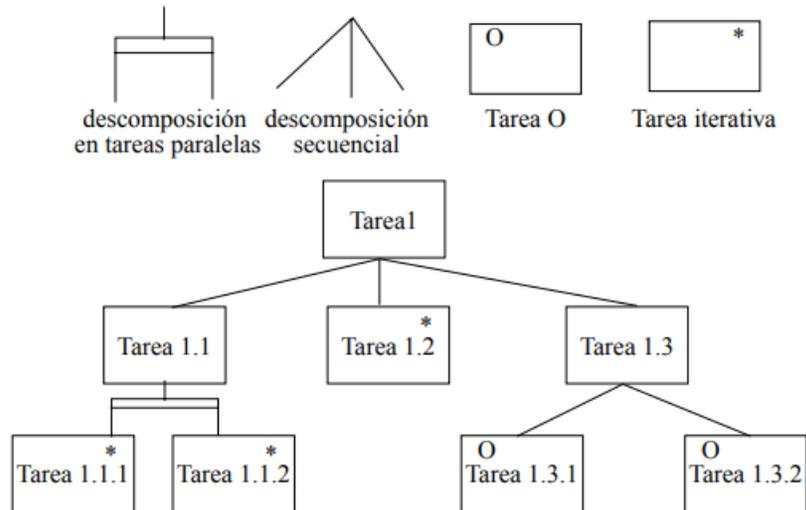


Figura 16 Notación alternativa para representar la descomposición de tareas

Fuente: (Fernández, 1998)

d. Modelo de la Experiencia

MAS-CommonKADS desarrolla en el modelo de la experiencia las tareas que requieren conocimiento para ser llevadas a cabo y que permitirán caracterizar al agente como un sistema basado en conocimiento. La construcción del esqueleto del modelo de la experiencia consta de:

- **Descripción informal del dominio y tareas de la aplicación.** Esta fase denominada de orientación se realiza en CommonKADS en los modelos de organización y tareas, por lo que no se desarrolla en este modelo.

- **Identificación de tareas genéricas**
 - **Descripción:** identificación de las tareas genéricas que se adaptan al problema que se desea resolver.
 - **Estados habilitadores:** tareas identificadas que requieren conocimiento del modelo de tareas.
 - **Estados resultantes:** problema actual del modelo de organización identificado y un modelo de inferencias, tareas y estrategia inicial.
(Fernández, 1998)

- **Identificación y descripción del esquema del modelo**
 - **Descripción:** Identificación, organización y descripción de los conceptos básicos del dominio y de sus relaciones.
 - **Estados habilitadores:** tareas que requieren conocimiento del modelo de tareas identificadas.
 - **Estados resultantes:** estructuras del dominio identificadas.
 - **Producto:** esquema del modelo. (Fernández, 1998)

- **Correspondencia entre papeles del esquema del modelo y de las tareas genéricas**
 - **Descripción:** esta actividad se subdivide en identificar correspondencias entre papeles de diferentes tareas genéricas una vez adquirido el esquema

del modelo y, a continuación, y relacionar los papeles de las tareas genéricas con términos del esquema.

- **Estados habilitadores:** esquema del modelo descrito y tareas genéricas identificadas
- **Estados resultantes:** relaciones entre tareas genéricas y esquema del modelo descritas.
- **Técnicas:** esta actividad puede realizarse de forma manual o asistida por una herramienta de adquisición del conocimiento.
- **Producto:** reglas de correspondencia entre papeles de tareas genéricas y correspondencias ontológicas. (Fernández, 1998)

e. **Modelo de Coordinación**

El principal objetivo del modelo de coordinación es abordar los riesgos que están directamente relacionados con el desarrollo de las interacciones entre los agentes y dar soporte en el desarrollo mediante un método que prevenga tales riesgos. Este modelo se encarga de modelar la interacción agente-agente. Esta interacción engloba la interacción “máquina-máquina” y “hombre-máquina”, pues resulta más cómodo para el sistema homogeneizar todas las interfaces. (Fernández, 1998)

La plantilla del modelo de coordinación de MAS-CommonKADS se detalla en la figura 17.

Conversación Representación de una conversación. Las conversaciones constituyen el elemento central del modelo de coordinación. La existencia del resto de entidades de este modelo depende de la existencia de una conversación a la que están ligadas. Una conversación es un conjunto de interacciones cuyo fin es la consecución de un objetivo. Si un agente es capaz de mantener varias conversaciones simultáneas, creará un ejemplar de la entidad conversación para cada conversación activa. Si sólo es capaz de mantener una conversación, sólo podrá tener un ejemplar de conversación activo.

nombre El nombre de la conversación es una cadena de texto corta. El nombre debe ser único dentro del modelo de coordinación, ya que es el principal mecanismo de referencia para especificar las relaciones entre conversaciones.

tipo Tipo de conversación. La conversación que se describe puede ser un subtipo de una conversación definida previamente, de esta forma la conversación hereda todos los atributos de la conversación supertipo, a no ser que los sobrescriba para especificarlos más.

objetivo Objetivo de la conversación, descrito de forma concisa, destacando los principales aspectos que motivan la conversación. En las conversaciones primitivas coincide con el acto de habla del iniciador de la conversación.

agentes Participantes en la conversación.

iniciador Participante de la conversación que inicia la conversación.

servicio Facilidad del agente que se requiere del agente en las conversaciones de solicitud de un servicio. Esta facilidad se puede requerir empleando diversos protocolos (subasta, red de contratos, negociación, etc.). El nombre del servicio debe corresponderse con una entidad Servicio del modelo de agente.

descripción Una descripción de la conversación en lenguaje natural. La descripción típicamente contiene una versión más elaborada del objetivo de la conversación junto con notas que no caben en el resto de ranuras de la plantilla.

precondición Condiciones que deben darse en el agente iniciador para que dicha conversación pueda iniciarse. Estos requisitos indican qué estado del agente o de su entorno pueden motivar la conversación. Como ejemplo de estos requisitos podemos citar: la modificación del entorno por un agente, que puede motivar el inicio de una conversación (reactiva) de otro agente afectado por dicha modificación; o que un agente desee comunicar a otro agente una información, que puede motivar el inicio de una conversación informativa; o la falta de un recurso o información, que puede motivar el inicio de una conversación de consulta.

Figura 17 Plantilla modelo de coordinación

Fuente: (Fernández, 1998)

f. Modelo de Organización

El modelo de organización tiene como objetivo analizar desde una perspectiva de grupo las relaciones entre los agentes (tanto software como humanos) que interactúan con el sistema. Frente a los modelos de comunicación y de coordinación que modelan las relaciones dinámicas, este modelo está pensado para modelar las relaciones

estructurales entre los agentes como, por ejemplo, las relaciones de herencia, agregación, autoridad, utilización, etc. La figura 18 muestra la notación gráfica del modelo de organización.

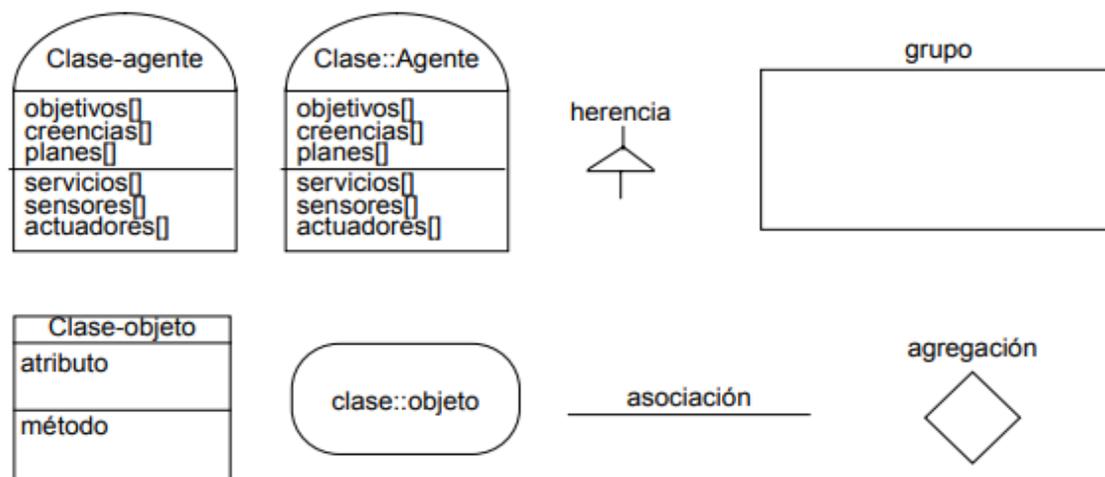


Figura 18 Notación gráfica del modelo de organización

Fuente: (Fernández, 1998)

g. Modelo de Diseño

Su objetivo es la descripción de los componentes que cumplen los requisitos del resto de modelos del análisis y que tienen en cuenta los requisitos no funcionales. Se muestra su fundamento lógico, su estructura, relación con el resto de modelos de MAS-CommonKADS y los métodos de construcción del modelo. (Fernández, 1998)

Las ventajas que se pretenden obtener a través del desarrollo del modelo de diseño son:

- Separación entre análisis e implementación.
- Especificación del sistema independiente de la plataforma.

- Descomposición de la tarea de diseño.
- Adición de requisitos del entorno.
- Reutilización de componentes.
- Diseño de la interfaz y la interacción. (Fernández, 1998)

La figura 19 detalla la plantilla de modelo de diseño de los agentes.

Sistema-Agente El sistema agente representa un agente que va a ser implementado y está siendo diseñado. Puede corresponderse con uno o varios ejemplares del modelo de agente.

nombre Nombre del agente que se está diseñando. Este nombre hace referencia al nombre del ejemplar del modelo de agente desarrollado.

arquitectura Una arquitectura permite descomponer un sistema computacional en componentes más pequeños y determinar cómo es la relación entre estos. Una arquitectura para agentes en particular permite descomponer un sistema de agentes, y determinar cómo deben interactuar entre ellos y con el ambiente. Se distinguen tres arquitecturas diferentes que se clasifican según el modelo de razonamiento que utilizan.

Deliberativas. Los agentes con una arquitectura deliberativa se caracterizan porque contienen explícitamente un *modelo simbólico del entorno*, y las decisiones (por ejemplo, sobre qué acciones realizar) son tomadas vía razonamiento lógico (o al menos pseudo-lógico) basado en equiparación de

patrones y manipulación simbólica. Además de una representación simbólica del entorno, los agentes deliberativos tienen capacidad para llevar a cabo decisiones lógicas utilizando el conocimiento que con el que cuentan y modificando su estado interno, que frecuentemente se denomina *estado mental*.

Reactivas. Es aquella que no incluye alguna clase central de modelo simbólico del mundo y no usa un razonamiento simbólico complejo. Este tipo de agentes actúan siguiendo un esquema *estímulo-respuesta* según el estado actual del entorno en el que están embebidos. Por el hecho de ser agentes sencillos, la capacidad de realizar razonamientos complejos desaparece en su mayor parte, y al contrario que los agentes deliberativos la inteligencia que puedan mostrar no proviene de modelos internos, sino de la interacción con su entorno.

Híbridas. Combinan componentes de tipo reactivo con componentes de tipo deliberativo, la parte reactiva interacciona con el entorno y reacciona rápidamente a los eventos que en él se producen sin invertir tiempo en realizar razonamiento, mientras que la parte deliberativa planifica y se encarga de la parte de toma de decisiones, es decir, realiza tareas a un nivel de abstracción superior.

tiene-subsistema Subsistemas asignados al agente.

Figura 19 Plantilla de modelo de diseño de agentes

Fuente: (Fernández, 1998)

El diseño de la plataforma (figura 20) permite documentar las decisiones de bajo nivel sobre el lenguaje de implementación seleccionado, el software y hardware empleado y los usuarios finales del sistema.

<p>Plataforma La plataforma recoge todas las decisiones del entorno de implementación y operación del sistema multiagente.</p> <p>nombre Nombre de la plataforma o sistema que se está diseñando.</p> <p>descripción Justificación de las decisiones tomadas.</p> <p>usa lenguaje Nombre de los lenguajes de implementación empleados.</p> <p>hardware Requisitos del hardware en que se desarrolla el sistema (tipos de máquinas, conexiones, etc.).</p> <p>software Requisitos de configuración software en que se desarrolla la plataforma (sistema operativo, nombres de las aplicaciones, versiones, etc.).</p> <p>usuario Usuarios de la plataforma, extraídos de los modelos de agente de la organización.</p>
--

Figura 20 Plantilla de modelo de diseño de plataforma

Fuente: (Fernández, 1998)

2.5. Framework python para aplicaciones móviles

Debido al fácil acceso a aplicaciones software que un teléfono móvil ofrece, se hace necesario aprovechar todas las capacidades de Python en una de estas. A continuación, se detalla el framework python más popularizado para desarrollar aplicaciones móviles.

Kivy Framework

Kivy es una biblioteca de código abierto de Python para desarrollar aplicaciones móviles y software de aplicación multitáctil con una interfaz de usuario natural (NUI), puede ejecutarse en Android, iOS, Linux, OS X y Windows y es distribuido bajo los términos de la licencia MIT, Kivy es un software gratuito y de código abierto que basa la creación de interfaces en widgets de diferentes tipos. (Kivy.org, 2018)

Widgets Kivy

Los widgets son elementos de una interfaz gráfica de usuario que forman parte de la Experiencia del usuario. El módulo `kivy.uix` contiene clases para crear y administrar widgets.

Los widgets de Kivy se pueden categorizar de la siguiente manera:

- **Widgets de UX: widgets de** interfaz de usuario clásicos, listos para ensamblarse para crear widgets más complejos.

Label, Button, CheckBox, Image, Slider, ProgressBar, TextInput, Toggle

button, Switch, Video

- **Diseños:** un widget de diseño no se procesa, solo actúa como un desencadenante que organiza a sus hijos de una manera específica.

Anchor Layout, Box Layout, Float Layout, Grid Layout, PageLayout, Relative Layout, Scatter Layout, Stack Layout

- **Widgets complejos de UX:** widgets no atómicos que son el resultado de combinar múltiples widgets clásicos. Los llamamos complejos porque su montaje y uso no son tan genéricos como los widgets clásicos.

Bubble, Drop-Down List, FileChooser, Popup, Spinner, List View, TabbedPanel, Video player, VKeyboard,

- **Widgets de comportamientos:** estos widgets no se procesan, sino que actúan sobre las instrucciones gráficas o el comportamiento de interacción (toque) de sus hijos.

Scatter, Stencil View

- **Gestor de pantalla:** Gestiona pantallas y transiciones cuando se cambia de una a otra.

Screen Manager (Kivy.org, 2018)

CAPÍTULO III

Desarrollo del sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.

3.1. Introducción del capítulo

En este capítulo se detalla el desarrollo del proyecto “Sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga”, tomando en cuenta la metodología MAS-CommonKADS (ver detalle en sección 2.4.), se establecen como agentes inteligentes que representan el sistema difuso y a la red neuronal.

Posteriormente en la sección 3.3 se detalla la construcción del sistema inteligente neural-difuso, donde el sistema difuso realiza reemplazos de ingredientes en recetas y la red neuronal que predice el grado de aprobación de la nueva receta basándose en, el tipo y sabor de sus ingredientes.

3.2. Aplicación de la metodología MAS-CommonKADS

La aplicación de la metodología permite obtener el conocimiento base para el modelado de sistemas multiagentes, por lo que los diferentes modelos permitirán explicar el sistema difuso y la red neuronal en forma de agentes, posteriormente se detalla el sistema inteligente neural-difuso en conjunto.

a. Conceptuación

El propósito de esta etapa es identificar los requerimientos del sistema a partir de las necesidades del usuario, para ello se realizaron varias entrevistas a la asistente

administrativa del “Hogar Para Sus Niños” (Anexo 1) ya que ella se encarga del manejo de la despensa y el menú que se prepara diariamente para los niños, a partir de estas se crea la descripción general del sistema y sus casos de uso los cuales se describen a continuación.

Descripción general del sistema

El sistema inteligente permitirá la creación de recetas gastronómicas que, permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga, por medio del sistema neural-difuso; después del ingreso de los alimentos que se deseen usar, se basa en sustitución y en la predicción de combinación de los ingredientes, originando la nueva receta, procurando mantener su equilibrio nutricional. La combinación de ingredientes será expresada en forma de porcentaje por tipo de alimentos y sabor.

La sustitución de ingredientes en una receta se realizará por medio del sistema difuso y la predicción de combinación de ingredientes por medio de la red neuronal, de ahí los nombres de los agentes inteligentes.

Adicionalmente el sistema permitirá almacenar y evaluar las recetas generadas con el objetivo de mantenerlo continuamente retroalimentado lo que permitirá mejorar el entrenamiento de la red neuronal. Por tanto, se obtienen recetas más aceptables, aumentando o disminuyendo el porcentaje de combinación tipo de alimentos y sabor.

Descripción gráfica de los casos de uso

La figura 21 muestra los actores y los casos de uso que interactúan con cada uno de ellos, se identifica un único agente humano que interactúa con el sistema: el Usuario, que solicita recetas. Los actores Sustitución y Predicción son agentes inteligentes y serán detallados en la sección 3.2 literal b.

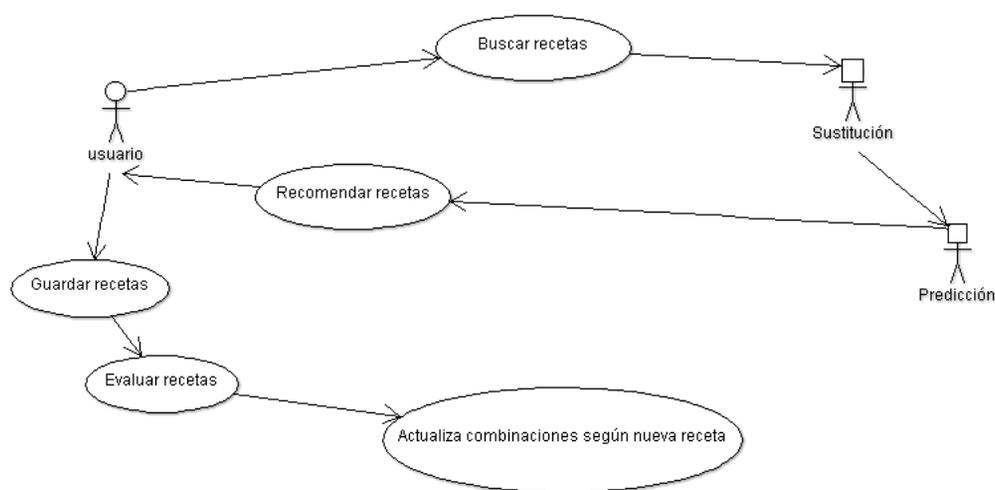


Figura 21 Casos de uso del sistema

Descripción textual de los casos de uso

En la tabla 9 se resumen los casos de uso por actores identificados para la creación del sistema inteligente, posteriormente se detalla cada uno con: precondiciones, descripción, excepciones, mensajes de error, y post condiciones.

Tabla 9

Resumen de casos de uso del sistema inteligente

Actores	Casos de uso
Usuario	Buscar recetas
Predicción, Sustitución	Recomendar recetas

CONTINÚA 

Usuario	Guardar receta
Usuario	Evaluar receta
Usuario	Actualizar combinaciones de nueva receta

Caso de uso Buscar recetas

Resumen El Usuario ingresa ingredientes para buscar recetas

Actores Usuario

Precondiciones Ser usuario

Descripción El usuario selecciona en el menú la opción 'Buscar', aparece una pantalla donde se elige el tipo de plato (sopa, fuerte, postre, refrigerio) y se ingresan uno o más ingredientes, después selecciona la opción 'Buscar recetas' y se buscan todas las recetas con el tipo de plato seleccionado, compara las recetas con los ingredientes ingresados y el sistema escoge dos recetas según número y cantidad de ingredientes que coinciden.

Mensajes de error: Ingredientes insuficientes, no selecciono tipo de plato

Post condición Tras este caso de uso el usuario puede iniciar el caso de uso:
Recomendar recetas

Caso de uso Recomendar recetas

Resumen El sistema recomienda una nueva receta

Actores Usuario

Precondiciones Buscar recetas

Descripción El usuario en la pantalla 'Recetas generadas' tiene la opción 'Generar otras recetas' donde se generan más opciones de receta, por medio de los agentes inteligentes Sustitución y Predicción. Las nuevas recetas seguirán apareciendo debajo de las últimas, hasta agotar todas las posibilidades.

Post condición Tras este caso de uso el usuario puede iniciar el caso de uso: Guardar receta

Caso de uso Guardar receta

Resumen El Usuario guarda recetas seleccionadas

Actores Usuario

Precondiciones Recomendar recetas

Descripción El usuario en la pantalla 'Recetas generadas', tiene en cada receta una casilla de selección, si la selecciona la receta se guardará para ser visualizada en la pantalla 'Recetas recientes'

Post condición Tras este caso de uso el usuario puede iniciar el caso de uso: Evaluar receta

Caso de uso Evaluar receta

Resumen El Usuario evalúa las recetas guardadas

Actores Usuario

Precondiciones Guardar receta

Descripción El usuario tiene en cada receta la opción 'Evaluar', donde puede seleccionar la opción 'Sí' cuando la receta fue de su agrado, la opción 'No' si la receta no le gustó, o 'Quitar' para borrar la receta de la lista.

Post condición Tras este caso de uso se puede iniciar el caso de uso: Actualizar combinaciones

Caso de uso Actualizar combinaciones

Resumen Evaluación actualiza el listado de combinaciones según respuesta del usuario

Actores Usuario

Precondiciones Evaluar recetas

Descripción Se extrae las combinaciones de la receta, cuando el usuario en la opción 'Evaluar', selecciona 'Sí', se actualizan las combinaciones aumentando el porcentaje de estas. Cuando el usuario selecciona 'No', se actualizan las combinaciones disminuyendo el porcentaje de las mismas.

Post condición Ninguna

b. Modelo de Agente

El objetivo de este modelo es la descripción de los agentes inteligentes que operan en el sistema y sirve como punto de partida del resto de modelos. El resultado de esta etapa es la descripción de las características de cada agente según la figura 13. Además, se describen un conjunto de objetivos identificados por cada agente por medio de la plantilla que se muestra en la figura 14. (Carrillo, 2005)

El primer agente identificado es el sistema difuso denominado como agente Sustitución, y el segundo agente es el de red neuronal denominado como agente Predicción, al tener estos dos agentes el sistema se convierte en un sistema híbrido neural-difuso.

Agente

nombre Sustitución

tipo agente software inteligente

descripción Este agente se encarga de generar más opciones de receta, analizando los valores de los macronutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas), determinando su grado de pertinencia y por medio de inferencia difusa asigna un nuevo ingrediente para generar una receta lo más equilibrada posible, este proceso se realiza cambiando ingredientes de recetas ya existentes, hasta agotar todas las posibilidades.

capacidad-razonamiento

experiencia Conocimiento de categorización de ingredientes por tipo de alimento y por tipo de macronutriente que más aporta.

comunicación Interacción con el agente Predicción

coordinación El agente 'Sustitución' se comunica con el agente 'Predicción'.

capacidad-general entidad

habilidades generar recetas nuevas mediante sustitución de ingredientes y análisis de macros

lenguaje-com Lenguaje natural

restricción

normas Si el ingrediente que requiere ser cambiado, ya está en la receta, se toma el siguiente.

preferencias los ingredientes de mayor cantidad en la receta son los primeros en cambiarse

permisos ningunos

Agente

nombre Predicción

tipo agente software inteligente

descripción Este agente se encarga de generar las combinaciones de la nueva receta generada por el agente Sustitución y predecir el porcentaje de combinación según tipo de ingredientes y sabor.

capacidad-razonamiento

experiencia Conocimientos de dataset de combinaciones de alimentos (contiene todas las combinaciones de alimentos generadas en base a todas las recetas del sistema).

Conocimiento de dataset de alimentos (contiene todos los alimentos del sistema por tipo).

comunicación Interacción con el agente Sustitución

coordinación El agente 'Predicción' se comunica con el agente 'Sustitución'.

capacidad-general entidad

habilidades predecir porcentaje de combinación de las recetas nuevas.

lenguaje-com Lenguaje natural

restricción

normas ninguna

preferencias ninguna

permisos ninguno

Identificación y descripción de Objetivos

Los agentes se caracterizan por tener objetivos, estos son una responsabilidad aceptada por el agente, a continuación, se especifican los objetivos de los agentes inteligentes Sustitución y Predicción.

- **Objetivos del Agente Sustitución:** Analizar macronutrientes de la receta, sustituir ingredientes usando lógica difusa, Enviar nueva receta al agente Predicción
- **Objetivos del Agente Predicción:** Generar combinaciones de la nueva receta, validar combinaciones de nueva receta mediante predicción, recomendar recetas al usuario

Objetivo

nombre Analizar macronutrientes de la receta

tipo Objetivo persistente

descripción Este objetivo permite proveer de entradas al sistema difuso para determinar el tipo de cambio que se va a realizar en la receta

Objetivo

nombre Sustituir ingredientes usando lógica difusa

tipo Objetivo persistente

descripción Este objetivo permite la sustitución de ingredientes generando una nueva receta.

Objetivo

nombre Enviar nueva receta al agente Predicción

tipo Objetivo persistente de aprendizaje

descripción Este objetivo permite que el agente Predicción, obtenga una nueva receta para analizar sus combinaciones.

Objetivo

nombre Generar combinaciones de la nueva receta

tipo Objetivo persistente

descripción Este objetivo permite que el agente Predicción, obtenga las entradas para realizar la predicción de combinaciones

Objetivo

nombre Validar combinaciones de nueva receta mediante predicción

tipo Objetivo persistente

descripción Este objetivo permite la predicción del porcentaje de combinación por tipo y sabor de la nueva receta

Objetivo

nombre Recomendar recetas al usuario

tipo Objetivo persistente

descripción Este objetivo permite que el agente Predicción comunique al Usuario una nueva receta.

c. Modelo de la Experiencia

Aquí se desarrollan las tareas que requieren conocimiento para ser llevadas a cabo y que permitirán caracterizar al agente como un sistema basado en conocimiento. Para ello se describen las tareas genéricas, la identificación y descripción del esquema del modelo y la correspondencia entre papeles del esquema del modelo y de las tareas genéricas. (Fernández, 1998)

- **Descripción informal del dominio y tareas de la aplicación.** Esta fase denominada de orientación se realiza en los modelos de organización y tareas.
- **Identificación de tareas genéricas.** Se identifican dos tareas genéricas SustituirIngredientes y PredecirCombinaciones.

Tarea

nombre SustituirIngredientes

objetivo Sustituir Ingredientes

descripción En esta tarea para seleccionar el sistema difuso adecuado se identifica a que grupo pertenece el ingrediente según tipo de plato y tipo de ingrediente, por último, ingresando los valores de macronutrientes de la receta el sistema difuso elige un nuevo ingrediente de reemplazo.

precondición Receta recibida

Tarea

nombre PredecirCombinaciones

objetivo Predecir Combinaciones

descripción En esta tarea se requiere conocimiento de combinación entre alimentos, para entrenar una red neuronal que determina por predicción el porcentaje de combinación de ingredientes de una receta nueva obteniendo combinación por tipo de alimento y sabor.

precondición Receta nueva recibida

- **Identificación y descripción del esquema del modelo.**

Se identifican tres conceptos BaseDatosRecetas, BaseDatosAlimentos y BaseDatosCombinaciones.

Concepto BaseDatosRecetas

Descripción Representa al repositorio de datos en el que se almacenan las recetas por tipo, ingredientes y preparación

Concepto BaseDatosAlimentos

Descripción Representa al repositorio de datos en el que se almacenan los alimentos por tipo, y macronutrientes correspondientes

Concepto BaseDatosCombinaciones

Descripción Representa al repositorio de datos en el que se almacenan los porcentajes de combinaciones de ingredientes por tipos y sabor

- **Correspondencia entre papeles del esquema del modelo y de las tareas genéricas.** Se identifican las siguientes relaciones:

SustituirIngredientes **USA:**BaseDatosAlimentos, BaseDatosRecetas

PredecirCombinaciones **USA:** BaseDatosAlimentos, BaseDatosCombinaciones

d. Modelo de Tareas

Permite describir las actividades relacionadas para alcanzar un objetivo. La figura 22 muestra la descomposición de la tarea SugerirRecetas, a continuación, se detalla cada una de ellas según la plantilla de la figura 15 donde consta el nombre, objetivo, descripción y precondition.

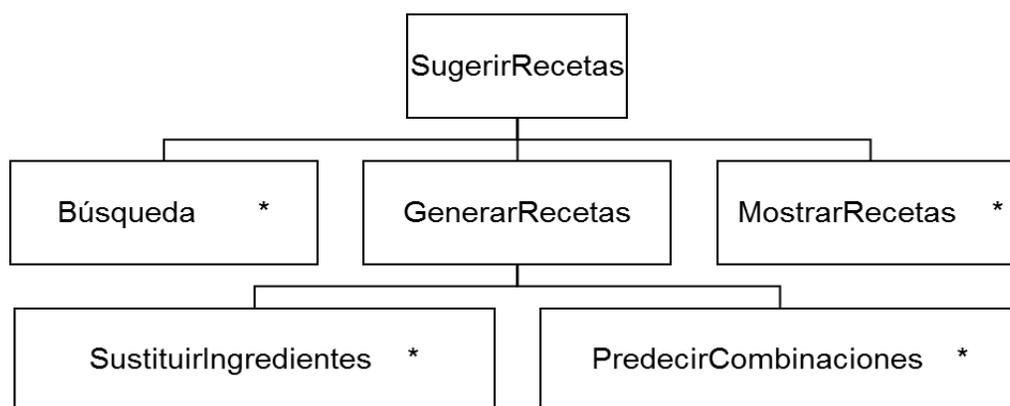


Figura 22 Descomposición de Tarea SugerirRecetas

Tarea

nombre SugerirRecetas

objetivo Sugerir Recetas

descripción En esta tarea se determinan sugerencias de recetas por cada vez que el usuario lo solicite. Basándose en sustitución e ingredientes y combinaciones hasta que las alternativas se agoten.

precondición Ingreso de ingredientes y tipo de plato

Tarea

nombre Búsqueda

objetivo Buscar receta a ser cambiada

descripción En esta tarea se determina que receta es la más cercana con los ingredientes y el tipo de plato ingresados por el usuario.

precondición Ingreso de ingredientes y tipo de plato

Tarea

nombre GenerarRecetas

objetivo Generar nueva receta

descripción En esta tarea se identifican macronutrientes y alimentos de la receta donde se hará la sustitución de ingredientes.

precondición Receta recibida

Tarea

nombre MostrarRecetas

objetivo Mostrar nuevas recetas al Usuario

descripción En esta tarea se comunican las nuevas recetas al usuario

precondición Receta nueva con predicción de porcentaje de combinaciones de ingredientes

e. Modelo de Coordinación

Presenta un modelo para describir las interacciones entre los agentes de una arquitectura multiagente. A continuación, se presenta la plantilla de comunicación entre los agentes (Predicción, Sustitución), y la de comunicación al usuario.

Conversación

nombre Comunicar a otro agente

tipo Comunicar-información

objetivo Enviar al agente Predicción la nueva receta generada del agente Sustitución

agentes Predicción, Sustitución

iniciador Sustitución

servicio comunicar

descripción El agente Sustitución tiene por objetivo enviar la nueva receta generada para que el agente Predicción obtenga el porcentaje de combinación por tipo y sabor de las combinaciones de la receta generada.

precondición receta generada recibida

Conversación

nombre Comunicar al usuario

tipo Comunicar-información

objetivo Comunicar al usuario la receta generada

agentes Predicción

iniciador Predicción

servicio comunicar

descripción El agente Predicción tiene por objetivo enviar la nueva receta generada con el porcentaje de combinaciones por tipo de alimentos y sabor.

precondición receta generada recibida

f. Modelo de Organización

Para comprender la organización del sistema multiagente, la figura 23 describe las relaciones multiagente (cajas con los bordes superiores redondeados), así como la relación de los agentes con las entidades del entorno (cajas convencionales para representar clases en una notación Orientada a Objetos) como son Usuario, Interfaz. Se pueden ver también las relaciones de asociación entre las entidades del sistema. (Carrillo, 2005)

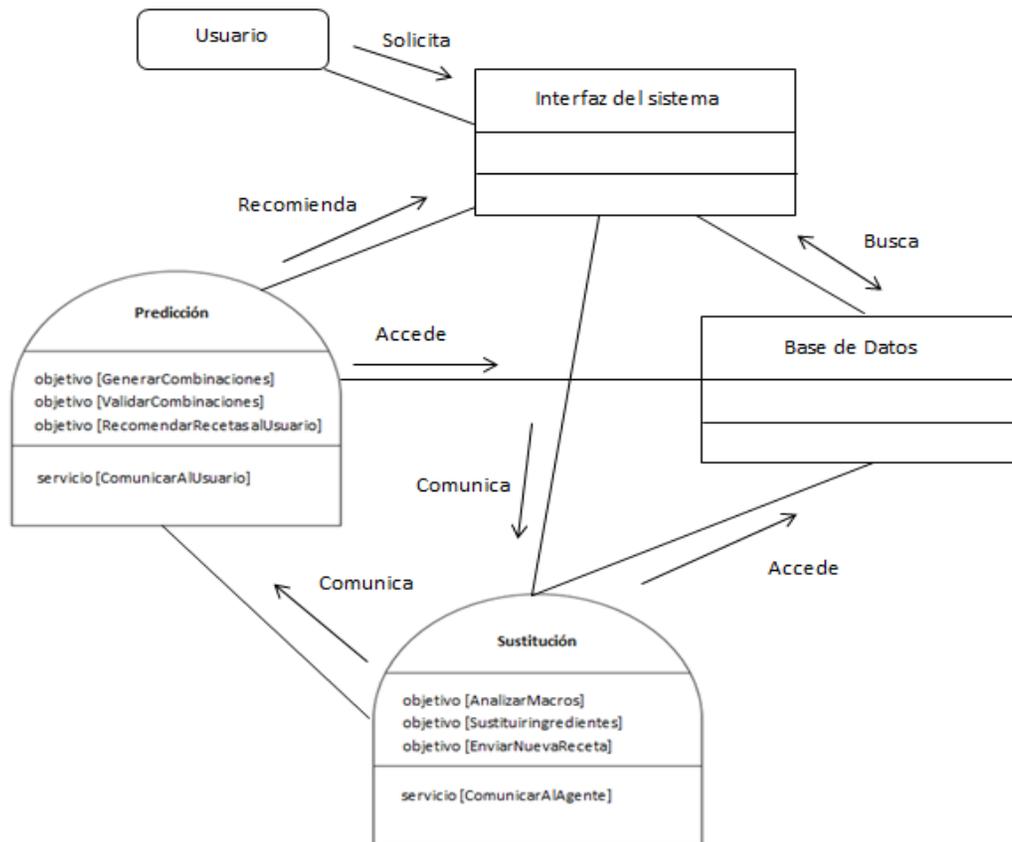


Figura 23 Modelo de organización

g. Modelo de Diseño

En el literal a) se puede ver el diseño de los sistemas agentes, en el que se especifica la arquitectura a implementar y el subsistema en el caso de que tenga alguno. En el literal b) se especifica el diseño de la plataforma con todos los datos de implementación: lenguaje, plataforma de ejecución, usuario.

a) Diseño de los agentes

Sistema-Agente

nombre Sustitución

arquitectura arquitectura deliberativa (ver en figura 19)

tiene-subsistema ninguno

Sistema-Agente

nombre Predicción

arquitectura arquitectura deliberativa

tiene-subsistema ninguno

b) Diseño de la plataforma

Plataforma

nombre Sistema multiagente

descripción no se utiliza plataforma multiagente predefinida

usa lenguaje Python, Kivy

hardware Teléfono celular con Android

software-requerido Android

usuario Usuario

3.3. Construcción del sistema neural-difuso

Segun el primer modelo de sistema neural difuso propuesto por Fullér, se plantea como modelo del sistema inteligente mostrado en la figura 24, donde una vez seleccionada una receta según los ingredientes ingresados por el usuario, se calcula el porcentaje de macronutrientes de esta, los mismos que se convierten en las entradas al sistema difuso (1) donde, basada en cambios de ingredientes se genera una nueva receta (2).

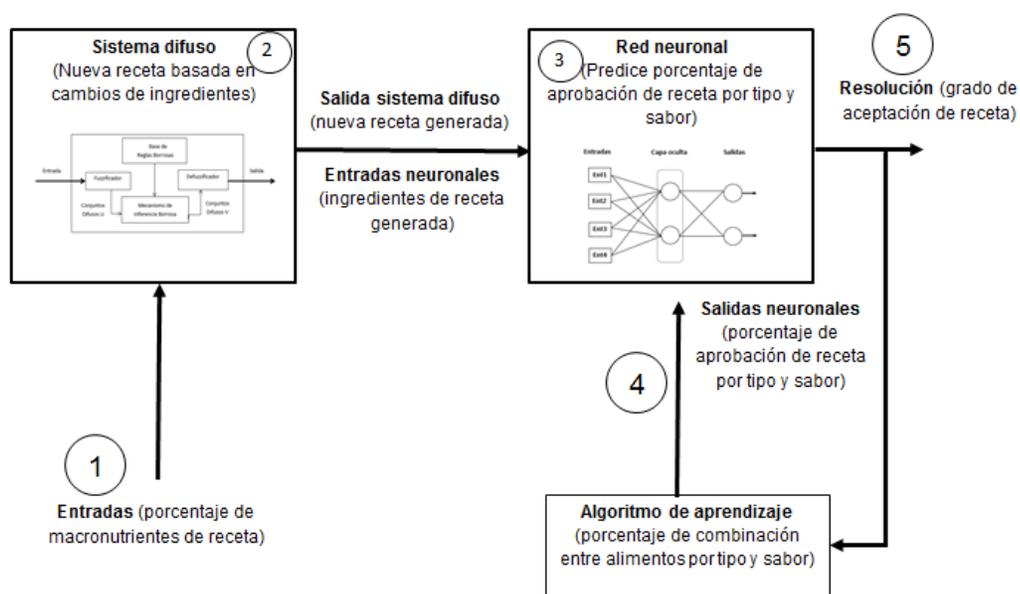


Figura 24 Modelo de sistema neural difuso a construir. (1) Entradas del sistema difuso, (2) Sistema difuso, (3) Red neuronal, (4) Salidas neuronales, (5) Resolución.

Los ingredientes de la receta generada por el sistema difuso se convierten en las entradas a la red neuronal donde, se predice el porcentaje de aprobación de la receta de acuerdo con dos criterios, el tipo de ingrediente y el sabor (3) Según la evaluación del usuario a las recetas generadas, el dataset empleado en el algoritmo de aprendizaje de

la red neuronal se mantiene retroalimentado, de manera que la red permanece en entrenamiento continuo, mejorando sus predicciones (4).

Finalmente, el sistema es capaz de explicar el grado equilibrio nutricional de la receta generada (5).

3.3.1. Construcción sistema difuso (2)

El sistema difuso analiza los valores de macronutrientes de una receta para obtener un nuevo ingrediente de reemplazo y generar una nueva receta sin alterar de manera significativa su equilibrio nutricional, la figura 25 describe el proceso donde se asignan grupos de alimentos de cambios que son los conjuntos difusos y los rangos de las funciones de membresía para los antecedentes y consecuentes de cada grupo, después se definen las reglas difusas para cada caso de sistema difuso. Posteriormente la inferencia difusa procesa los datos para obtener el nuevo valor de salida que se interpretara como el nuevo ingrediente. Para el proyecto se utilizó una librería científica de Python llamada 'Scikit-Fuzzy'(para ver detalle en <https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/index.html>) la cual permite crear sistemas difusos determinando las funciones de membresía y las reglas difusas (ver Anexo 7).

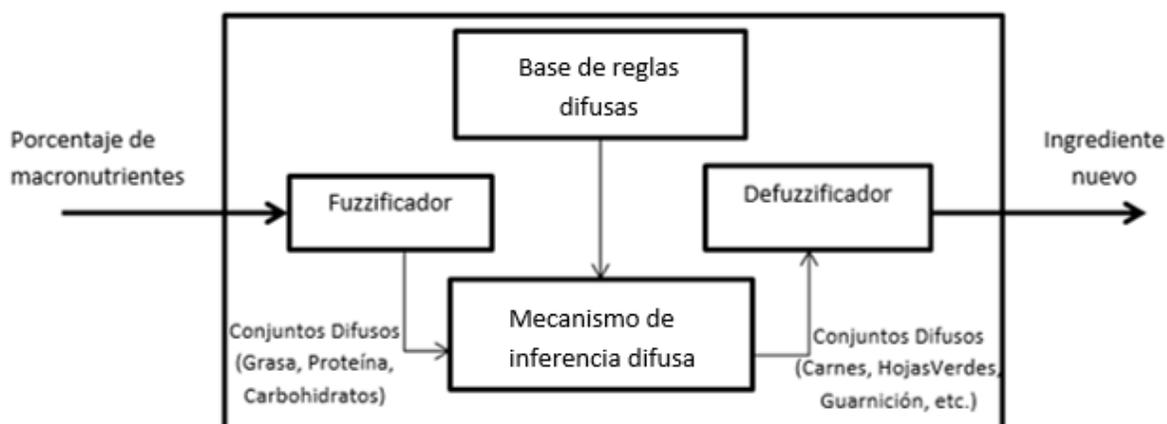


Figura 25 Estructura del sistema difuso del sistema inteligente

Antes de crear las funciones de membresía es necesario tener claro los valores de salida y el alimento que representan para lo cual se crean los grupos de alimentos.

Creación de grupos de alimentos

Para crear grupos de alimentos comunes, se basó en los conocimientos del experto (chef de partida) y los grupos de alimentos descritos en la sección 2.2.2 se determinaron 11 grupos (ver Anexo 2) que, se pueden cambiar en diferentes platos dependiendo de su tipo (sopa, fuerte, postre), sin alterar mucho el sabor del plato. Los alimentos de los grupos se encuentran ordenados según el aporte de macronutrientes (proteína, grasa, carbohidrato) que proporcionan lo que ayudara en la selección del nuevo ingrediente. La tabla 10 muestra un ejemplo del grupo de alimentos GuarnicionSopa que se utiliza únicamente en el plato tipo sopa:

Tabla 10

Ejemplo de alimentos de cambio para grupo Guarnición Sopa

	Proteína	Grasa	Carbohidratos
Camote	1,37	0,14	17,72
Papa	1,71	0,1	20,01
Zanahoria blanca	0,8	0,4	26,7
Plátano verde	1,2	0,1	35,3
Yuca	1,36	0,28	38,06

Los alimentos del grupo GuarnicionSopa tabla 10 se encuentran ordenados de menor a mayor por su aporte de carbohidratos. Este orden se usa como referencia para los datos de salida del sistema difuso, cabe notar que la función de salida se encuentra en el rango de [10,40] que es un rango aproximado en el que se mantienen las funciones de membresía, ya que si el intervalo es más grande o pequeño el valor de salida no llega a variar, manteniéndose en el mismo ingrediente. Se determinó el valor máximo (33,3) y mínimo (16,3) de salida que el sistema difuso puede calcular, se mide la distancia (17) entre ellos y se la divide para el número de alimentos del grupo (GuarnicionSopa), así obtenemos los espacios de cada rango de alimento como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo GuarnicionSopa

Alimentos	Salida Rango
Camote	$valor salida \leq 19$
Papa	$19 < valor salida \leq 22.5$
Zanahoria blanca	$22.5 < valor salida \leq 26$

CONTINÚA 

Plátano verde	$26 < \text{valor salida} \leq 29.5$
Yuca	$\text{valor salida} > 29.5$

Creación de las funciones de membresía

A partir de los 2 macronutrientes que aporta el alimento creamos los antecedentes y sus funciones de membresía, esto igual se realiza para el consecuente, en el caso del grupo GuarnicionSopa los macronutrientes que más aportan son carbohidrato y proteína (tabla 10).

$$\text{Carbohidrato}_{poco} = \begin{cases} 1 & \text{valor} < 0 \\ 1 & \text{valor} \leq 30 \\ \left(\frac{40 - \text{valor}}{10}\right) & 30 \leq \text{valor} \leq 40 \\ 0 & \text{valor} > 40 \end{cases}$$

$$\text{Carbohidrato}_{mucho} = \begin{cases} 0 & \text{valor} < 40 \\ \left(\frac{\text{valor} - 40}{10}\right) & 40 \leq \text{valor} \leq 50 \\ 1 & 50 \leq \text{valor} \\ 1 & \text{valor} > 50 \end{cases}$$

$$\text{Carbohidrato}_{normal} = \begin{cases} 0 & \text{valor} < 30 \\ \frac{\text{valor} - 30}{10} & 30 \leq \text{valor} \leq 40 \\ \frac{50 - \text{valor}}{10} & 40 \leq \text{valor} \leq 50 \\ 0 & \text{valor} > 50 \end{cases}$$

Para el caso del antecedente carbohidrato se plantean 3 funciones de membresía que cumplen los rangos descritos en las fórmulas anteriores, para la función $\text{Carbohidrato}_{poco}$ el grado de pertinencia cuando el valor sea menor a 30 será de 1, si el valor se encuentra entre en el rango de [30,40] se calculará la pertinencia por la fórmula

$\frac{40-\text{valor}}{10}$ y si el valor es mayor a 40 el valor será de 0. Así se calculará la pertinencia con las fórmulas de cada una de las funciones. (ver Anexo 3). Para la función de mucho y poco, utilizamos funciones de tipo trapezoidal porque permite expresar que, para valores menores a 0 y para mayores de 55 la pertinencia es de 1, en el rango intermedio si se usa una función trapezoidal se pierden valores de salida, por lo tanto, se utilizó una función triangular.

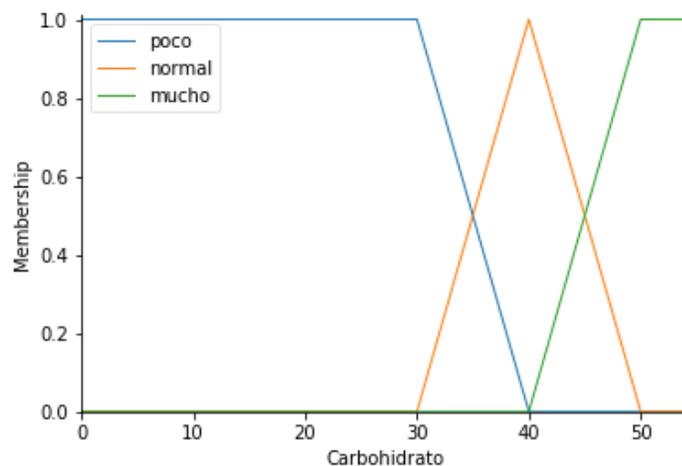


Figura 26 Funciones de Membresía de los antecedentes carbohidrato

En la figura 26, se observan 3 funciones de membresía para el antecedente de carbohidratos, cada función se define para un rango de poco, normal y mucho, este rango varía según el porcentaje aceptable de macronutriente (ver sección 2.2.1) para un plato de comida, los tipos de funciones que utilizamos son trapezoidal y triangular.

De igual forma para el consecuente se asignó 3 funciones de membresía que, se encuentran dentro del rango de la tabla 11 y corresponde al valor de salida del controlador.(figura 27)

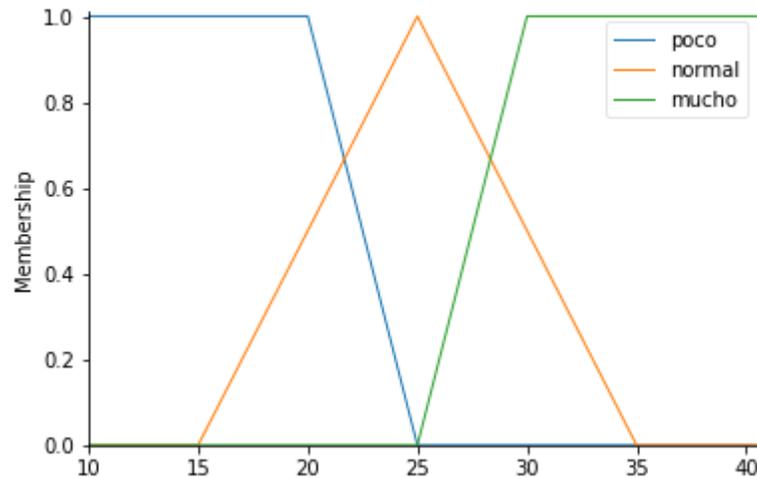


Figura 27 Funciones de membresía para consecuente GuarnicionSopa

Creación de reglas difusas

El método difuso del sistema es de tipo Mamdani, por lo cual, las reglas del control se definen mediante variables lingüísticas (poco, normal, mucho), estas variables son cada una de las funciones de membresía de los antecedentes y el consecuente por lo que la estructura de estas sería : $Carbohidrato_{mucho}$, donde carbohidrato es el conjunto difuso general y mucho es la etiqueta de una función de membresía. Para el sistema difuso del grupo GuarniciónSopa se definieron las siguientes reglas difusas:

$Regla_1 = si\ Carbohidrato_{mucho}\ y\ Proteina_{mucho}\ entonces\ GuarniciónSopa_{poco}$

$Regla_2 = si\ Carbohidrato_{normal}\ o\ Proteina_{normal}\ entonces\ GuarnicionSopa_{normal}$

$Regla_3 = si\ Carbohidrato_{poco}\ y\ Proteina_{mucho}\ entonces\ GuarnicionSopa_{normal}$

$Regla_4 = si\ Carbohidrato_{poco}\ y\ Proteina_{poco}\ entonces\ GuarnicionSopa_{mucho}$

$Regla_5 = si\ Carbohidrato_{mucho}\ y\ Proteina_{poco}\ entonces\ GuarnicionSopa_{mucho}$

La interpretación de la regla1 es “cuando el porcentaje de Carbohidrato pertenece a la función mucho y el porcentaje de Proteína pertenece a la función mucho entonces la salida será GuarnicionSopa en el rango de la su función poco”. Este proceso se repite para cada grupo de alimentos de cambio. Con todas las reglas difusas bien definidas para cada grupo (ver Anexo 4), el sistema difuso queda listo para generar un nuevo ingrediente para la receta la cual será la entrada de la red neuronal.

3.3.2. Construcción de red neuronal (3)

La red neuronal se emplea para predecir el grado de aprobación de la receta generada basándose en combinaciones de alimentos por tipo y sabor, de manera que necesita una base de conocimiento (dataset) para ser entrenada. A continuación, se detalla paso a paso la creación del dataset. Finalmente se describe la estructura de la red neuronal usada en la creación del sistema inteligente.

Creación del dataset de entrenamiento de la red neuronal

Mediante este proceso se busca obtener un conjunto de combinaciones de alimentos por pares donde se identifiquen: los alimentos combinados en identificador numérico, sus tipos, y dos valores de combinación entre ellos, uno según su tipo y otro según su sabor, este último será extraído del conjunto de recetas base que el sistema inteligente tendrá, en las que los dos ingredientes coincidan, por tanto, a mayor número de recetas donde coincidan, más alto el valor de combinación por sabor, este porcentaje inicial será 80%.

Las combinaciones por tipo se forman partiendo de la figura 1 (sección 2.2.5) guía de combinación de alimentos y con la guía del experto en gastronomía (Anexo 5), se asignaron valores a cada grupo (tabla 12).

Tabla 12

Valores de grupos de alimentos por tipo

Grupo	Valor
Verduras	1
Frutas semi-acidas	2
Frutas dulces	3
Proteínas-Grasas	4
Almidones-Granos	5
Frutas ácidas	6
Melones	7

Posteriormente también con la guía del experto se asignan porcentajes de combinación entre grupos (tabla 13), el porcentaje máximo será 80%.

Tabla 13

Porcentaje de combinación por tipo de alimento

Tipos	Porcentaje
Tipos que entre si multipliquen 2, 3, 4, 5, 6, 12, 20, 42 Ejemplo: (grupo 6* grupo 7=42)	80%
Tipos que entre si multipliquen 40	50%
Alimentos del mismo tipo 4 y 5	25%
Alimentos del mismo tipo diferentes a tipo 4 y 5	60 %

Los valores de cada grupo también serán el primer dígito de cuatro que, formará el identificador numérico de cada ingrediente, los siguientes números se determinan de forma secuencial (tabla 14).

Tabla 14

Ejemplo de alimentos por tipo e identificador numérico

NOMBRE	TIPO	NOMBRE#
ACHOGCHA	VERDURA	1039
ALBAHACA	VERDURA	1040
BERENJENA	VERDURA	1041
BERRO	VERDURA	1042
ROMERO	VERDURA	1043
DURAZNO	FRUTASEMIACIDA	2001
MANZANA	FRUTASEMIACIDA	2002
MARACUYÁ	FRUTASEMIACIDA	2003
PERA	FRUTASEMIACIDA	2004
TOMATEÁRBOL	FRUTASEMIACIDA	2005

Por ejemplo, de la receta 1 sopa de quinua se extraen los siguientes ingredientes: ['carnecerdo', 'cebollablanca', 'cilantro', 'colablanca', 'leche', 'mantequilla', 'papa', 'queso', 'quinua'], de donde se obtienen los datos de la tabla 15:

Tabla 15

Ejemplo de combinaciones entre alimentos por receta

NOM1	NOM2	A1	A2	TIPO1	TIPO2	COMTIPO	COMRECETA
CARNECERDO	PAPA	4014	5015	4	5	80	80
CARNECERDO	QUINUA	4014	5005	4	5	80	80
CEBOLLABLANCA	CARNECERDO	1004	4014	1	4	80	80
CEBOLLABLANCA	CILANTRO	1004	1023	1	1	25	80
CEBOLLABLANCA	COLBLANCA	1004	1008	1	1	25	80
CEBOLLABLANCA	LECHE	1004	4011	1	4	80	80
CEBOLLABLANCA	PAPA	1004	5015	1	5	80	80
CEBOLLABLANCA	QUESO	1004	4012	1	4	80	80
CEBOLLABLANCA	QUINUA	1004	5005	1	5	80	80
CILANTRO	CARNECERDO	1023	4014	1	4	80	80
CILANTRO	LECHE	1023	4011	1	4	80	80
CILANTRO	PAPA	1023	5015	1	5	80	80
CILANTRO	QUESO	1023	4012	1	4	80	80
CILANTRO	QUINUA	1023	5005	1	5	80	80
COLBLANCA	CARNECERDO	1008	4014	1	4	80	80
COLBLANCA	CILANTRO	1008	1023	1	1	25	80
COLBLANCA	LECHE	1008	4011	1	4	80	80
COLBLANCA	PAPA	1008	5015	1	5	80	80
COLBLANCA	QUESO	1008	4012	1	4	80	80
COLBLANCA	QUINUA	1008	5005	1	5	80	80
LECHE	CARNECERDO	4011	4014	4	4	25	80
LECHE	PAPA	4011	5015	4	5	80	80
LECHE	QUESO	4011	4012	4	4	25	80
LECHE	QUINUA	4011	5005	4	5	80	80
QUESO	CARNECERDO	4012	4014	4	4	25	80
QUESO	PAPA	4012	5015	4	5	80	80
QUESO	QUINUA	4012	5005	4	5	80	80

En conclusión, de 100 recetas base se extrajo un listado de 128 alimentos que generaron 1075 combinaciones que formarán el dataset de entrenamiento de la red neuronal que consta de cuatro entradas (alimento 1, alimento 2, tipo de alimento 1, tipo de alimento 2) y dos salidas (combinación por tipo, combinación por sabor) (tabla 16).

Tabla 16

Entradas y salidas de la red neuronal

A1	A2	TIPO1	TIPO2	COMTIPO	COMRECETA
1001	1028	1	1	60	80
1001	1040	1	1	60	80
1001	5002	1	5	80	80
1001	4013	1	4	80	80
1001	1004	1	1	60	80,2
1001	1023	1	1	60	80
1001	4010	1	4	80	80
1001	8001	1	8	50	80
1001	4003	1	4	80	80
1001	4011	1	4	80	80
1001	5005	1	5	80	80
1001	1021	1	1	60	80
1039	1005	1	1	60	80,2
1039	1023	1	1	60	80,2
1039	4023	1	4	80	80
...
1039	4010	1	4	80	80,2
1039	1027	1	1	60	80,2
1039	5015	1	5	80	80,2
1039	4011	1	4	80	80,2

Estructura de la red neuronal

Una vez generados los patrones de la red neuronal backpropagation, un patrón de 4 entradas, emparejado con un patrón de 2 salidas deseadas, los resultados, se ajustan a la forma que disminuya el error entre las salidas y las salidas deseadas. En cuanto al

número de neuronas en la capa oculta, según lo descrito en la sección 2.3.2. literal b, esta debe ser menor al número de entradas, en este caso menor a 4, por tanto, con el fin de determinar el número de neuronas de la capa oculta con el que mejor funciona la red, se realizaron diferentes pruebas realizadas considerando el error y el tiempo de entrenamiento. (Anexo 6)

En conclusión, la estructura de la red neuronal backpropagation usada en el sistema inteligente se muestra en la figura 28, la red neuronal con 4 entradas, 2 salidas y una capa oculta con dos neuronas debido a que ofrecen el menor error y menor tiempo de entrenamiento según las pruebas realizadas. Una vez establecida la estructura de la red neuronal backpropagation, se aplicó el código Python mostrado en el Anexo 7.

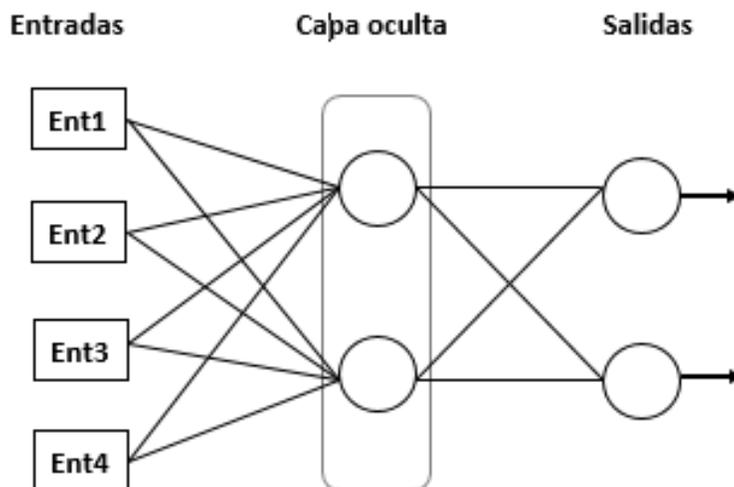


Figura 28 Estructura de red neuronal del sistema inteligente

CAPÍTULO IV

Pruebas del sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.

4.1. Introducción del capítulo

En este capítulo se detallan las diferentes pruebas que se realizaron al sistema para comprobar su buen funcionamiento. En la sección 4.2 las pruebas unitarias se realizaron progresivamente, comenzando por los componentes simples y avanzando hasta probar todo el software. En la sección 4.3 se detallan las pruebas de integración del sistema neural-difuso que se divide en las pruebas del sistema difuso y en las de la red neuronal, y en la sección 4.4 las pruebas de aceptación del sistema fueron realizadas por el usuario y varios expertos en gastronomía con diferentes casos de prueba de generación de nuevas recetas, además al final se incluye a cada uno una entrevista para captar sus impresiones respecto al sistema inteligente.

4.2. Pruebas Unitarias

Con las pruebas unitarias se invoca al código de cada módulo que se quiere probar para determinar si el resultado obtenido es el esperado. Si es igual, la prueba es exitosa, si no, falla. En la tabla 17 mostramos las pruebas que aplicamos al sistema para verificar su correcto funcionamiento.

Tabla 17*Check list pruebas unitarias*

Nº	Módulo	Descripción	Datos Entrada	Salida Esperada	Cumple
1	Modulo_Buscar_Receta	El sistema busca las recetas que coincidan con los ingredientes ingresados por el usuario	Alimentos con los que dispone el usuario.	Dos recetas de la BDD	Si
2	Modulo_Procesamiento_de_ingredientes	El sistema separará los ingredientes de las recetas por cantidad unidad y alimento	Receta	Vector de ingredientes de receta	Si
3	Modulo_Cálculo_de_macronutrientes	Se calcula el porcentaje de cada macronutriente de la receta	Vector de ingredientes	Vector de porcentaje de macronutrientes	Si
4	Modulo_Nuevo_ingrediente	Obtiene un nuevo ingrediente considerando cambios de acuerdo al tipo y porcentaje de macronutrientes.	Porcentaje de macronutrientes, tipo de ingrediente	Valor del nuevo ingrediente	Si
5	Modulo_Comprobar_ingredientes_repetido	Comprueba que el ingrediente no existe en la receta o que ya se haya reemplazado anteriormente.	Vector macronutrientes, ingrediente nuevo, vector ingredientes de receta.	Ingrediente nuevo o mensaje "sincambios"	Si
6	Modulo_Reemplazar_ingredientes_nuevo	Reemplaza el nuevo ingrediente en la receta.	Receta, Ingrediente nuevo	Receta nueva	Si
7	Modulo_Prededir_combinación	Predice el porcentaje de combinación de los ingredientes de la receta por su sabor y tipo.	Ingredientes de la receta	Porcentajes de combinación por sabor y tipo	Si
8	Modulo_Calcular_ingredientes_por_persona	Calcula la cantidad los ingredientes según el número de personas	Número de personas	Nuevas cantidades de los ingredientes	Si

CONTINÚA



9	Modulo_Guardar_receta	Almacena la receta en "Recetas recientes"	Casilla Check activa	Mensaje de confirmación de receta guardada	Si
10	Modulo_Evaluar_receta	El usuario elige si la receta fue de su agrado o no	Opción de :Si ó No	Cerrar pantalla de Evaluar	Si

4.3. Pruebas de integración de sistema neural-difuso

Para realizar las pruebas de integración se comprobará el funcionamiento del sistema neural-difuso ya integrado en la aplicación, en esta prueba se ingresan los datos en la aplicación como lo hará el usuario y a partir de eso el procesamiento de datos es automatizado, para su uso en el sistema.

Para realizar las pruebas de integración del sistema difuso se necesita realizar 3 fases de pre procesamiento de los datos de la receta que son:

- Búsqueda y procesamiento de receta
- Cálculo de macronutrientes
- Selección de ingredientes para el cambio
- **Búsqueda y procesamiento de receta**

Antes de realizar las pruebas del sistema difuso se necesita ingresar el tipo de plato que se desea (sopa, fuerte, postre) y los ingredientes para buscar una receta que coincida con la búsqueda. A continuación, se indican los datos usados para el ejemplo:

Ingredientes ingresados: papa

Tipo de plato: fuerte

Con estas características el sistema busca en la base de datos las recetas que coincida con el tipo de plato (fuerte) y que contengan los ingredientes ingresados (papa) en mayor cantidad, para el caso las recetas obtenidas son: gratín de brócoli y champiñones que contiene 100gr de papa y pollo al estilo de la abuela que contiene 100gr de papa

Recetas encontradas: gratín de brócoli y champiñones, pollo al estilo de la abuela

Una vez que el sistema encontró 2 coincidencias, elige la segunda receta que es la que contiene una menor cantidad de los ingredientes ingresados (pollo al estilo de la abuela), a continuación, separa los ingredientes de la receta y se procesan para utilizarlos, separando la información (cantidad de ingrediente, unidad de cantidad, nombre de ingrediente) como se muestra en la Tabla 18 para usarla en las siguientes etapas.

Tabla 18

Ingredientes de la receta procesados

Cantidad de ingrediente	Unidad	Ingrediente
120	Gr	Pollo
20	Gr	Aceite
50	Gr	Cebollaperla
30	Gr	Zanahoria
100	Gr	Papa
30	Gr	Champiñón
38	Gr	Arveja
16	Gr	Tomateriñon

- **Cálculo de macronutrientes**

Con los ingredientes separados se realiza el cálculo de macronutrientes y el porcentaje de calorías que proporcionan los ingredientes en la receta, según se describe en el marco teórico Cálculo de calorías en una receta.

Primero se busca los valores de macronutrientes que contiene cada ingrediente en 100gr de la base de datos (tabla 19).

Tabla 19

Información de ingredientes (macronutrientes por cada 100gr)

Nombre	Proteína	Grasa	Carbohidrato
Pollo	21,39	3,08	0
Aceite	0	100	0
Cebollaperla	1,1	0,1	9
Zanahoria	0,9	0,1	9,4
Papa	1,71	0,1	20,01
Champiñon	1,8	0,3	6,5
Arveja	5,42	0,4	14,46
Tomateriñon	0,8	0,3	4,6

Con estos valores y la cantidad de cada ingrediente en la receta, el sistema calcula el aporte de macronutrientes en la receta por medio de una regla de 3. (tabla 20)

Aporte por ingrediente

$$: \frac{\text{cant. de ingrediente en receta gr} * \text{aporte de macronutriente en 100gr}}{100}$$

Tabla 20

Aporte de macronutrientes por cada ingrediente

Nombre	Proteína en receta	Grasa en receta	Carbohidrato en receta
Pollo 120gr	25,668	3,696	0
Aceite 20 ml	0	20	0
Cebollaperla 50gr	0,55	0,05	4,5
Zanahoria 30gr	0,27	0,3	2,82
Papa 100gr	1,71	0,1	20,01
Champiñon 30gr	0,54	0,09	1,95
Arveja 38 gr	2,05	0,152	5,49
Tomateriñon 16 gr	0,128	0,048	0,736
Total	30,92	24,16	35,51

Se suman los valores y se obtiene el total de proteína, grasa y carbohidrato en la receta en gramos (tabla 20). Con cada valor se calcula las calorías que proporcionan cada macronutriente (ver sección 2.2.4) y el total, para después realizar el cálculo del porcentaje de cada uno. A continuación se muestra el cálculo para el ejemplo propuesto:

$$\text{Calorías}_{\text{Carbohidratos}} : 35.51 \text{ gr} \times \frac{4 \text{ cal}}{\text{gr}} = 142.04 \text{ cal}$$

$$\text{Calorías}_{\text{Grasa}} : 24.16 \text{ gr} \times \frac{9 \text{ cal}}{\text{gr}} = 217.49 \text{ cal}$$

$$\text{Calorías}_{\text{Proteína}} : 30.92 \times \frac{4 \text{ cal}}{\text{gr}} = 123.7 \text{ cal}$$

$$\text{Calorías}_{\text{Total}} : 142.04 + 217.49 + 123.7 = 483.23 \text{ cal}$$

Una vez calculadas las calorías de cada macronutriente, se calcula su porcentaje, estos valores serán usados como entradas en el sistema difuso.

$$\frac{142.04}{483.23} \times 100 = 29.39 \% \text{ de carbohidratos}$$

$$\frac{217.49}{483.23} \times 100 = 45.01 \% \text{ de grasa}$$

$$\frac{123.7}{483.23} \times 100 = 25.6 \% \text{ de proteína}$$

- **Selección de ingredientes para el cambio**

Se separan los ingredientes que no ingresó el usuario de la receta y se los ordena de mayor a menor, ya que según ese orden se buscara un ingrediente de reemplazo. Se reemplazará cada siguiente ingrediente faltante de la lista hasta quedar sin opciones, para el caso al ingresar papa se quita el ingrediente de la lista y obtenemos los ingredientes para reemplazar como se indica en la Tabla 21.

Tabla 21

Lista de ingredientes a ser reemplazados

Cantidad	Unidad de cantidad	Ingrediente
120	Gr	Pollo
50	Gr	Cebollaperla
38	gr	Arveja
30	gr	Aceite
30	Gr	Zanahoria
30	gr	Champiñón
16	gr	Tomateriñon

a) Pruebas de sistema difuso

Una vez se obtiene los datos necesarios previamente (porcentaje de calorías por macronutrientes y la lista de ingredientes a reemplazar), se obtienen nuevos ingredientes para reemplazar comprobando que estos no se repitan.

Para el primer ingrediente a reemplazar (pollo), se busca el sistema difuso para el tipo de ingrediente en este caso carnes, para este sistema difuso se ingresa el porcentaje de los 2 macronutrientes que más aporta el tipo carnes que son la proteína y la grasa en este caso no se considera los carbohidratos debido a que las carnes no proporcionan un valor para considerarlo. Los valores ingresados son de Proteína: 25,6% y de Grasa:

45,01% de la receta y se evalúa cada valor para ver a que función de membresía pertenece y se resalta el grado de pertinencia que tienen.

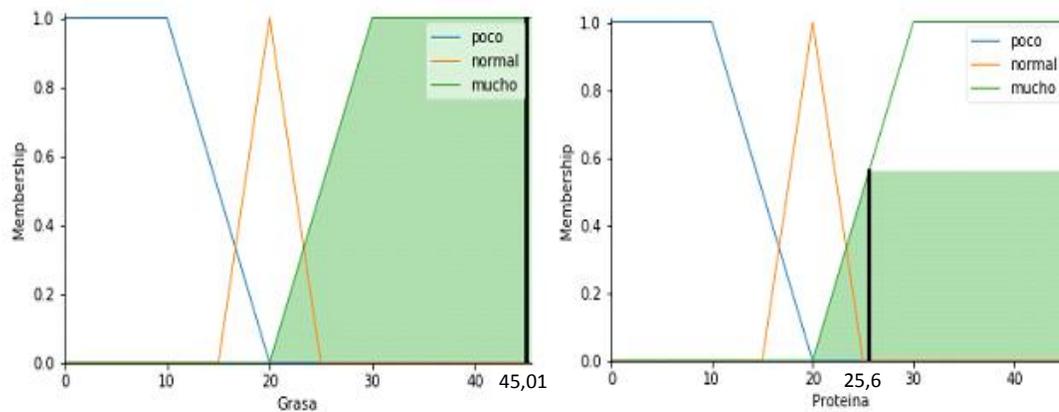


Figura 29 Funciones de membresía Antecedentes1

En la figura 29 se observa que la grasa pertenece al valor 1 en la función mucho y la proteína pertenece al valor 0,56 en la función mucho, al pertenecer a esas dos funciones se aplica la regla para las carnes:

$$Regla_1 = si Grasa_{mucho} Y Proteína_{mucho} entonces Carne_{poco}$$

La regla₁ usa el operador 'y' por lo que se selecciona el valor de pertinencia mínimo 0,56 y se proyecta en la función de membresía poco del consecuente Carne, el valor de salida es el centro de masa del área (centroide) obtenida, de acuerdo a Mamdani, para el caso el valor obtenido es 16,33 como se muestra en la Figura 30.

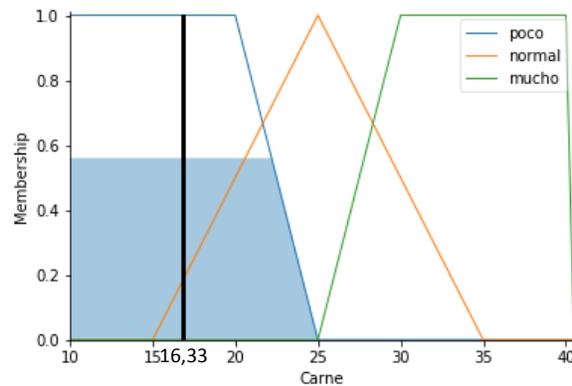


Figura 30 Función de membresía Consecuente¹

El valor de salida obtenido (16.33) pertenece al rango de pollo en las carnes, como se indica en la Tabla 22, el resultado es satisfactorio porque el nuevo ingrediente busca disminuir el valor de grasa.

Tabla 22

Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo Carnes

Ingrediente	Rango
pollo	$x \leq 21$
res	$x > 21$ and $x \leq 23$
cerdo	$x > 23$ and $x \leq 25.5$
corvina	$x > 25.5$

Puesto que el ingrediente de cambio (pollo) ya existe en la receta, se selecciona el próximo ingrediente a ser reemplazado (ver tabla 21) para un nuevo cambio cebollaperla, ese ingrediente propone champiñón para el cambio, pero debido a que ese ingrediente ya existe en la receta, avanza al siguiente ingrediente en el listado arveja, que pertenece al grupo granos y el proceso se repite:

Se ingresa el porcentaje de los dos macronutrientes que más aporta el ingrediente (Carbohidrato, Proteína) de la receta y evaluando cada valor para ver a que función de

membresía pertenece, Carbohidrato: 29.39%, Proteína: 25.6%, la Figura 31 muestra las funciones de membresía y se resalta el grado de pertinencia que tienen por su valor.

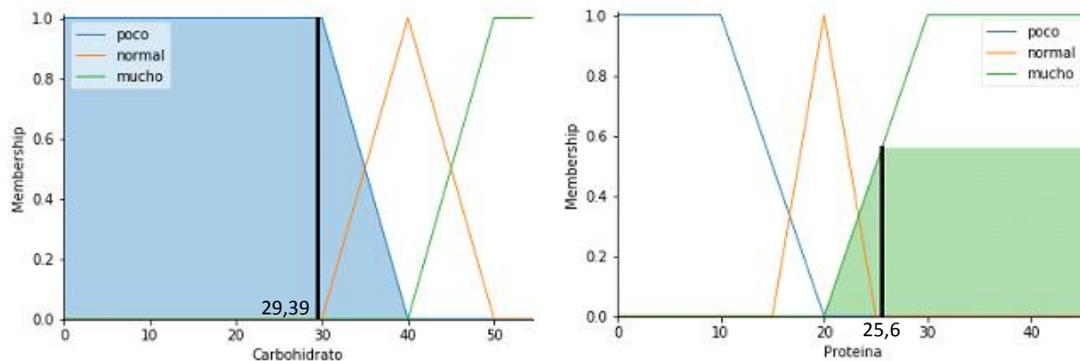


Figura 31 Funciones de membresía Antecedentes 2

El sistema difuso analiza los grados de pertinencia con las reglas del sistema difuso de la para obtener un valor de salida, para el caso el valor obtenido es 16,82 como se muestra en la Figura 32.

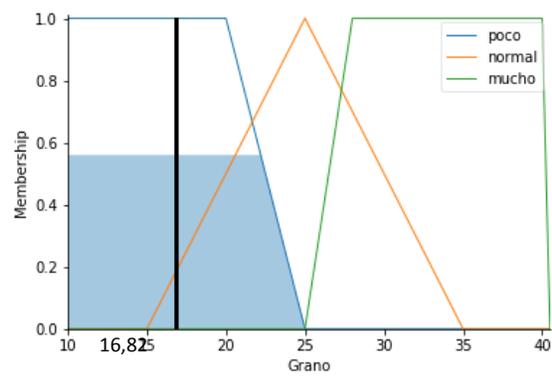


Figura 32 Función de membresía Consecuente 2

El valor de salida obtenido (16.82) pertenece al rango de frejolrojo en los granos, como indica la Tabla 23, el resultado es satisfactorio porque el nuevo ingrediente busca disminuir el valor de carbohidrato.

Tabla 23

Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo GranosSecos

Ingrediente	Rango
	$x \leq 16.5$
garbanzo	
	$16.5 < x \leq 19.5$
frejolrojo	
	$19.5 < x \leq 23$
Frejolnegro	
	$23 < x \leq 26.5$
frejolblanco	
	$26.5 < x < 30$
Arveja	
	$30 < x < 33.5$
Lenteja	
	$x > 33.5$
Haba	

Se realiza el cambio de ingrediente en la receta para posteriormente continuar el análisis de la receta con la red neuronal, la tabla 24 muestra la receta que se generó con el nuevo ingrediente.

Tabla 24

Nueva receta generada

Nombre	pollo al estilo de la abuela 3
Ingredientes	120 gr pollo en presa, 20 gr aceite, 50 gr cebollaperla, 30 gr zanahoria, 100 gr papa , 30 gr champiñon laminado, 38 gr frejolrojo, 16 gr tomateriñon, sal, pimienta
Preparación	Dore el pollo con el aceite por media hora, agregue la cebollaperla picada, deje que dore y añada el tomate en picado, añada agua y cocine por veinte minutos. Saque e l pollo. Añada la zanahoria, a los diez minutos el champiñon en láminas, la papa y u n poco más de agua. Cuando la zanahoria y la papa esten cocidas, vierta sobre el p ollo y sirva caliente.

La Tabla 25 muestra todos los cambios que el sistema podrá generar con la receta “pollo al estilo de la abuela” y si la utiliza o no.

Tabla 25

Cambios de ingrediente en la receta "Pollo al estilo de la abuela"

Ingrediente de la receta	Ingrediente nuevo	Realiza el cambio
Pollo	Pollo	No cambia, porque el ingrediente se mantiene
cebollaperla	singrupa	No cambia, porque el ingrediente no tiene grupo
arveja	frejolrojo	Si cambia
aceite	Sin grupo	No cambia, porque el ingrediente no tiene grupo
zanahoria	champiñon	No cambia, porque el ingrediente se repite
champiñon	champiñon	No cambia, porque el ingrediente se repite
tomateriñon	Sin grupo	No cambia, porque el ingrediente no tiene grupo

b) Pruebas de red neuronal

Una vez que el sistema difuso realiza un cambio de ingrediente y se crea una nueva receta, para que la red neuronal pueda predecir las combinaciones de tipo y sabor, primero, se separan los ingredientes y se genera una lista que abarque las combinaciones entre todos, después los elementos de esta lista serán las entradas de la red neuronal y las salidas serán las predicciones de combinación por tipo y sabor.

Siguiendo la receta generada por el sistema difuso (tabla 24) los ingredientes de la receta son [cebollaperla, champiñon, frejolrojo, papa, pollo, tomateriñon, zanahoria],

de donde se generan 21 pares de combinaciones cada una con nombres, identificadores y tipos de los dos alimentos (tabla 26). Las entradas para la red neuronal serán 4 los identificadores de los ingredientes (A1, A2) y los tipos (TIPO1, TIPO2).

Tabla 26

Combinaciones de nueva receta

NOM1	NOM2	A1	A2	TIPO1	TIPO2
CEBOLLAPERLA	CHAMPIÑON	1005	1036	1	1
CEBOLLAPERLA	FREJOLROJO	1005	4009	1	4
CEBOLLAPERLA	PAPA	1005	5015	1	5
CEBOLLAPERLA	POLLO	1005	4004	1	4
CEBOLLAPERLA	TOMATERIÑON	1005	1018	1	1
CEBOLLAPERLA	ZANAHORIA	1005	1020	1	1
CHAMPIÑON	FREJOLROJO	1036	4009	1	4
CHAMPIÑON	PAPA	1036	5015	1	5
CHAMPIÑON	POLLO	1036	4004	1	4
FREJOLROJO	PAPA	4009	5015	4	5
POLLO	FREJOLROJO	4004	4009	4	4
POLLO	PAPA	4004	5015	4	5
TOMATERIÑON	CHAMPIÑON	1018	1036	1	1
TOMATERIÑON	FREJOLROJO	1018	4009	1	4
TOMATERIÑON	PAPA	1018	5015	1	5
TOMATERIÑON	POLLO	1018	4004	1	4
TOMATERIÑON	ZANAHORIA	1018	1020	1	1
ZANAHORIA	CHAMPIÑON	1020	1036	1	1
ZANAHORIA	FREJOLROJO	1020	4009	1	4
ZANAHORIA	PAPA	1020	5015	1	5
ZANAHORIA	POLLO	1020	4004	1	4

Las salidas de la red son 2, el porcentaje de combinación por tipo y sabor de cada par de combinaciones (tabla 27). Para obtener el porcentaje de combinación de toda la receta se calculan las medias de la lista de predicciones generadas.

Tabla 27

Predicción de combinación por tipo y sabor de alimento

	COMTIPO	COMRECETA
0	0.500000	0.500000
1	0.500000	0.500000
2	0.999862	0.993180
3	0.500000	0.500000
4	0.500000	0.500000
5	0.500000	0.500000
6	0.500000	0.500000
7	0.999862	0.993180
8	0.500000	0.500000
9	0.500000	0.500000
10	0.500000	0.500000
11	0.500000	0.500000
12	0.500000	0.500000
13	0.993968	0.999997
14	0.993968	0.999997
15	0.500000	0.500000
16	0.993968	0.999997
17	0.993968	0.999997
18	0.993968	0.999997
19	0.993968	0.999997
20	0.500000	0.500000

Finalmente, la receta es presentada al usuario visualizándose el nombre, los macronutrientes en porcentajes que suman entre ellos el 100%, los porcentajes de combinación por tipo y sabor, un valor que representa el grado de equilibrio nutricional de la receta y, las opciones para ver el detalle de la receta y una casilla de selección guardar la receta. (figura 33)

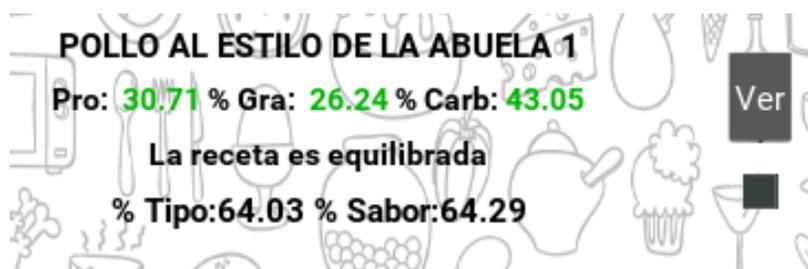


Figura 33 Receta generada presentada al usuario

4.4. Pruebas de validación

Debido a que las pruebas fueron realizadas por dos usuarios expertos en gastronomía y por el usuario final, los casos de prueba fueron generados por los mismos, de manera que ingresaron alimentos y aprobaron o no, las recetas generadas, considerando si los ingredientes combinan de manera que la receta tenga buen sabor. Al final se realizó una entrevista para obtener la opinión general de los expertos respecto al sistema inteligente. Las pruebas y entrevistas se detallan en el Anexo 8.

El total de recetas generadas en las pruebas realizadas fueron 30, de las cuales 11 son del tipo sopa, 17 del tipo fuerte y 2 de tipo postre, 26 fueron aprobadas, solo 4 de las recetas no fueron aprobadas debido a cambios que generaban recetas con varios alimentos del mismo tipo.

La asistente administrativa del “Hogar Para Sus Niños” también participó en las pruebas del sistema inteligente durante un mes, probando las recetas generadas y evaluándolas. Todas las recetas generadas ya sea aprobadas o no por los expertos sirvieron como entrenamiento para la red neuronal y para expandir la base de datos de recetas del sistema.

Según la opinión de los expertos y el usuario, los cambios de ingredientes son acertados, el sistema genera recetas fáciles, equilibradas sin comprometer el sabor y aprovechando los ingredientes que más se consumen en Ecuador, además señalan que la información nutricional es muy útil porque los niños necesitan ingerir comida con todos los macronutrientes de forma equilibrada.

CAPITULO V:

Validación del sistema inteligente

5.1. Introducción del capítulo

Una vez finalizado el desarrollo del sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes, y las pruebas correspondientes con expertos en gastronomía, se realiza la entrega del sistema en el “Hogar Para Sus Niños” para su posterior aceptación.

5.2. Entrega y recepción



ACTA DE ENTREGA- RECEPCIÓN

En la ciudad de Latacunga a los seis días del mes de noviembre de 2018 comparecen por una parte el “Hogar Para Sus Niños” representado por la Sra. Melinda Maxwell Vaughn y por otra parte los señores Jimmy Andrés Naranjo Coello portador de la C.I. 0503409195 y Johanna Elizabeth Monar Carrillo portadora de la C.I. 1804615944, egresados de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de la carrera de ingeniería en Software, para suscribir la presente acta de entrega recepción contenida en las siguientes cláusulas:

PRIMERA.- ESPECIFICACIÓN

Cuyo objeto es hacer constar la entrega y recepción del sistema su verificación y comprobación de RECETAS PARA SUS NIÑOS, el mismo que ha sido desarrollado por señores en mención.

SEGUNDA.-

Recibido el sistema, el personal del “Hogar Para Sus Niños” se compromete a dar uso al sistema RECETAS PARA SUS NIÑOS.

TERCERA.- ACEPTACIÓN

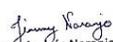
Para constancia de lo actuado y en fe de conformidad y aceptación suscriben la presente acta en original y una copia de igual tenor y efecto las personas que intervienen y comparecen en esta diligencia.

RECIBI CONFORME


Sra. Melinda Maxwell Vaughn
REPRESENTANTE LEGAL DE HPSN

 Para niños en riesgo
Nuestros corazones
abiertos
LATACUNGA - ECUADOR

ENTREGUE CONFORME


Jimmy Andrés Naranjo Coello
C.I. 0503409195


Johanna Elizabeth Monar Carrillo
C.I. 1804615944

HPSN Pichincha
Av. Eloy Alfaro, Km. 8 (Calle E6 N75-110 y Capri)
Teléfono: (5932) 3460 304/ 023 460 316

administracion@hogarparasusninos.org
www.hogarparasusninos.org
Casilla Postal: 17-08-8545

HPSN Cotopaxi
Panamericana Sur Km 78 ½, Barrio Iluchi
Teléfonos: (593 3) 2266 263 / 032 266 262

5.3. Validación y aceptación

Para niños en riesgo, nuestros corazones abiertos



VALIDACIÓN Y ACEPTACIÓN.

El Hogar Para Sus Niños certifica que el Sr. Jimmy Andrés Naranjo Coello con C.I. 0503409195 y la Srta. Johanna Elizabeth Monar Carrillo con C.I. 1804615944, realizaron el proyecto de tesis titulado "Desarrollo de un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permita dar apoyo a la nutrición de los infantes del 'Hogar Para Sus Niños' de la ciudad de Latacunga"; el cual ha sido aceptado a entera satisfacción, puesto que es un aporte para la fundación en mención, para ayudar en la alimentación de los niños que acogemos.

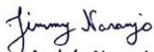
Latacunga, 11 de Diciembre del 2018

RECIBI CONFORME


Elizabeth Betancourt
Hogar Para Sus Niños
Para niños en riesgo
Nuestros corazones
abiertos
LATACUNGA - ECUADOR

COORDINADORA ADMINISTRATIVA HPSN COTOPAXI

ENTREGUE CONFORME


Jimmy Andrés Naranjo Coello
C.I. 0503409195


Johanna Elizabeth Monar Carrillo
C.I. 1804615944

HPSN Pichincha
Av. Eloy Alfaro, Km. 8 (Calle E6 N75-110 y Capri)
Telefax: (5932) 3460 304/ 023 460 316

administracion.l@hogarparasusninos.org
www.hogarparasusninos.org
Casilla Postal: 17-08-8545

HPSN Cotopaxi
Panamericana Sur Km 78 ½. Barrio Illuchi
Teléfonos: (593 3) 2266 263 / 032 266 262

CAPITULO VI

Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- El desarrollo del sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas permitió dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga, mediante la educación de conocimientos de los expertos plasmados en reglas difusas y en datos de entrenamiento para la red neuronal, logrando un 87% de recetas aprobadas por los expertos, que además las describen como equilibradas, diferentes y fáciles de preparar aprovechando de mejor manera los alimentos que se disponen en una despensa ecuatoriana. El 13% de las recetas no fueron aprobadas debido a cambios que generaban recetas con varios alimentos del mismo tipo.
- El estudio teórico referente a alimentación, grupos de alimentos, macronutrientes, comida saludable, cálculo de calorías y combinación de alimentos permitió obtener el conocimiento necesario con el que se sustenta el sistema inteligente neural-difuso, desde los grupos de cambios de alimentos que la lógica difusa usa para sustituir ingredientes y generar una nueva receta considerando el equilibrio nutricional a través del cálculo de macronutrientes, hasta la forma en cómo se combinan los alimentos por tipo y sabor para comprobar el porcentaje de combinación por receta.
- La inteligencia artificial, hoy en día, es una ciencia muy amplia que está en auge, debido a que la mayoría de sistemas, apps y/o aplicaciones móviles,

tienen embebido un sistema inteligente, lo que la ha permitido volverse una tendencia a nivel mundial. En nuestro entorno, en el campo educativo la inteligencia artificial no ha alcanzado su verdadero potencial ya que los tópicos se estudian de manera básica, debido a la amplitud y complejidad de la temática y al número de horas asignadas. Se puede indicar, que para el desarrollo de nuestra tesis se analizaron muchas otras temáticas relacionadas con la inteligencia artificial, que no se imparten en las asignaturas relacionadas a la carrera, como son: las metodologías de ingeniería de conocimiento y sus extensiones, que están relacionadas con el proceso de desarrollo de sistemas inteligentes (utilizadas en el proceso de análisis y diseño), más aún si estas metodologías se aplican a sistemas difusos y redes neuronales, como por ejemplo la aplicabilidad de la metodología MAS-CommonKADS. También, se han acoplado las pruebas unitarias y de integración del sistema, comparando y analizando los resultados obtenidos con los expertos, lo que permitió determinar un plan de pruebas para un sistema inteligente. Lo que ha permitido desarrollar una tesis innovadora y creativa.

- La aplicación de pruebas por parte de expertos en gastronomía, como se muestra en el Anexo 8, permitieron la validación de las recetas generadas por el sistema inteligente, así como también mejorar el entrenamiento de la red neuronal y de acuerdo a los resultados obtenidos de las evaluaciones se puede concluir que el sistema cumple con su objetivo que es el de crear recetas en base a cambios de ingredientes, sin alterar significativamente, ni el equilibrio nutricional ni su sabor.

- A manera general, se puede concluir que el desarrollo de un sistema inteligente conlleva al ingeniero de software dedicar una gran parte de su tiempo en entender el problema, el vocabulario usado y las interacciones de los conocimientos en un dominio específico, en este caso, en particular, sobre nutrición infantil, en la generación de recetas equilibradas. Resultando complicado tanto entender la forma en que piensa y toma las decisiones el experto humano, ya que es un proceso no definido que sigue reglas difíciles de precisar, así como entender, interpretar, traducir y plasmar la forma de procesar la toma de decisiones en un programa inteligente por parte del ingeniero de software. Cabe notar que, en esta tesis el desarrollo del sistema propuesto es más complejo debido a que se han integrado dos sistemas inteligentes: redes neuronales y lógica difusa (formando un sistema neural-difuso). Lo que ha permitido desarrollar un sistema fácil de acceder, disponible y portátil, así como también, entender el razonamiento aplicado para deducir los resultados, siendo estas, ventajas de este tipo de sistemas.

6.2. Recomendaciones

- Para el desarrollo de un sistema inteligente relacionado con la alimentación, se recomienda tener el apoyo de expertos en el área como los son los nutricionistas y gastrónomos, puesto que estos proporcionarán el conocimiento necesario y verificado, basándose en las recomendaciones del MSP (Ministerio de Salud Pública) y de las organizaciones internacionales como la FAO (Organización de las Naciones unidas para la alimentación y la agricultura) y la OMS (Organización

mundial de la salud), con la adquisición de ese conjunto de conocimientos es posible obtener un sistema de calidad.

- Al momento de realizar las pruebas del sistema es importante contar además del usuario final, con varios expertos que verifiquen que el conocimiento plasmado en el sistema inteligente sea igual o lo más cercano posible al del experto humano, de tal manera obtener un sistema validado y confiable para los usuarios y expertos. Cabe notar que, en las pruebas realizadas se cubrió la mayor parte de las posibles soluciones.
- Para trabajos futuros se recomienda diversificar el alcance del sistema inteligente aumentando más grupos de cambio de ingredientes con los que la lógica difusa trabaja, lo que permitirá obtener más posibilidades de cambio con ingredientes más similares en cuanto a nutrientes obteniendo recetas mejor equilibradas y mantener un constante entrenamiento de la red neuronal, mediante la evaluación de las recetas generadas por el sistema. Así como también centrarse no solo en cambio de ingredientes sino también en su cantidad, logrando de esta manera un rápido equilibrio nutricional en una receta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia. (s.f.). *Sistemas neuro-difusos*. Recuperado el 15 de Mayo del 2018. Obtenido de https://www.academia.edu/8129071/sistemas_neuro_difusos
- Alba, G. Á. (2016). *Diseño de redes neuronales artificiales no supervisadas orientadas a la inteligencia de negocio*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Benítez, M. I. (19 de Septiembre de 2014). *Slideshare.*, de Sistemas Inteligentes y Redes Neuronales. Recuperado el 15 de Agosto de 2018. Obtenido de : https://es.slideshare.net/jcbp_peru/utp-sirns4red-perceptron
- ByrdBredbenner, C., Beshgetor, D., Moe, G., & Berning, J. (2010). *Perspectivas en Nutrición*. México, D.F.: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Carrillo, J. L. (2005). *Análisis de metodologías para desarrollo de agentes*. Riobamba.
- Castellanos, A. (2013). Algoritmos para minería de datos con redes de neuronas. En A. Castellanos. Madrid.
- Castillo, M. Á. (2008). *Tutorial de Introducción de Lógica Borrosa*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2018. Obtenido de http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/tutorial_fuzzy/introduccion2.html
- Consumer. (2004). *Frutos secos oleaginosos, no todo son grasas y calorías*. Recuperado el 24 de Julio de 2018 . Obtenido de http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentacion_alternativa/2001/12/01/35589.php
- Course Hero. (s.f.). Recuperado el 15 de Mayo de 2018. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/p2fekb0/es-el-principio-de-aprendizaje-competitivo-en-el-que-los-elementos-compiten-por/>
- D'Aquila, R. (2005). Acerca de la inteligencia...de los sistemas inteligentes . *Acadning*, 16.
- de Brio, B. M., & Sanz Molina, A. (2007). *Redes neuronales y Sistemas borrosos*. México: ALFAOMEGA Grupo Editor.
- DE VITO, E. L. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*.

- Del Brio, B. M., & Sanz, A. (2002). *Redes neuronales y Sistemas difusos*. Alfa omega.
- Diciembre Sanahuja, M. (2017). Sistemas de control con lógica difusa: Métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK).
- Ecured. (s.f.). *Ecured*. Recuperado el 25 de Mayo de 2018. Obtenido de https://www.ecured.cu/Anexo:Alimentaci%C3%B3n_humana
- ESCOM. (22 de Septiembre de 2009). *Construcción , Diseño y Entrenamiento de redes neuronales artificiales*. Recuperado el 23 de Julio de 2018. Obtenido de <https://es.slideshare.net/mentelibre/construccion-diseo-y-entrenamiento-de-redes-neuronales-artificiales>
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla. (2012). *Algoritmo genético*. Sevilla.
- FAO. (2015). *Macronutrientes y micronutrientes*.
- Fernández, C. Á. (1998). *Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Foodpyramid. (2015). *Foodpyramid*. Recuperado el 25 de Mayo. Obtenido de <http://www.foodpyramid.com/6-essential-nutrients>
- Freeman, J. A., & Skapura, D. M. (1993). *Redes neuronales: Algoritmos, Aplicaciones y Técnicas de programación*. Massachusetts: Addison-Wesley.
- Fullér, R. (1999). Fuzzy logic and neural nets in intelligent systems. *Researchgate*, 11-12.
- Gonzales Morcillo, C. (2011). *Lógica Difusa Una introducción práctica*.
- HADDAD L, B. H. (1989). The impact of nutritional status on agricultural productivity: wage evidence from the Philippines. 97.
- Hinton G., A. D. (1984). Boltzmann machines .
- Icopcion. (2011). *Icopcion ramas de la inteligencia artificial*. Recuperado el 23 de Julio de 2018. Obtenido de: <https://icopcion.wordpress.com/2011/02/08/ramas-de-la-inteligencia-artificial/>
- Jang, J.-s. (1993). ANFIS Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System.
- Kivy.org. (Octubre de 2018). *Kivy*. Recuperado el 23 de Mayo de 2018. Obtenido de <https://kivy.org/#home>

- Martín, J. D. (2000). Implementación de redes neuro-difusas para per aplicadas en problemas de clasificación y modelización. En J. D. Martín. USA.
- Match, D. J. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2017). *Guía de alimentación y nutrición para docentes*. Quito.
- MPS, INEC. (2013). *Encuesta nacional de salud y nutrición 2011 – 2013*.
- Nauck, D. D. (2013). Neuro-fuzzy systems: A short historical review. In computational intelligence in intelligent Data Analysis. *Springer, Berlin, Heidelberg.*, 91-109.
- NILSSON, N. J. (2001). *Inteligencia artificial Una nueva síntesis* . Madrid: Mc Graw Hill.
- OEA. (s.f.). *Desarrollo infantil temprano*. Recuperado el 8 de Julio de 2018 . Obtenido de <http://www.oas.org/udse/dit2/por-que/nutricion.aspx>
- Palma, J., & Marín, R. (2008). *Inteligencia artificial técnicas, Métodos y aplicaciones*. Madrid: McGRAW-GHILL.
- Perez Conesa, J. (2009). *El libro del saber culinario*. Madrid.
- Polaa, K. (s.f.). *Academia.edu*. Recuperado el 27 de Mayo de 2018 . Obtenido de <http://www.academia.edu>: http://www.academia.edu/8338655/Plato_Fuerte
- Probart, C., & Menza, V. (2013). *Eating well for good health: lessons on nutrition and healthy diets*.
- Rawvana. (30 de Noviembre de 2016). *Rawvana*. Recuperado el 25 de Julio de 2018. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=DbakNq6-dOs>
- Rivera, V. M. (2008). *Bases de la alimentación humana*. España.
- Rubio, T. (2013). *Integracion de una nariz electronica ultra-portatil en un robot modular*. Madrid.
- Sanchez, I. (5 de Octubre de 2014). *Sistemas expertos*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2018, de <http://ignaciosg.blogspot.com/2014/10/sistemas-expertos.html>
- Shelton, H. (2017). *La combinación de los alimentos*. Obelisco.
- Universidad de Málaga LCC. (s.f.). *Redes neuronales multicapa*. Málaga.
- Valdivieso, P. A. (2016). *Redes neuronales. El perceptrón*. Granada.

VELSID. (17 de Enero de 2009). *República*. Recuperado el 7 de Agosto de 2018. Obtenido de <https://gastronomiaycia.republica.com/2009/01/17/grupos-de-alimentos/>

Viera, V. (3 de Julio de 2013). *Entrenamiento de una neurona con la función sigmoide y algo de BackPropagation* Recuperado el 28 de Agosto de 2018.. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=9C8I5OCQI1I>

WHO. (2014). Plan de aplicación integral sobre nutrición materna, del lactante y del niño pequeño.

WHO. (2017). Malnutrición.

Anexos



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por los señores: Monar Carrillo, Johanna Elizabeth y Naranjo Coello, Jimmy Andres.

Ing. José Luis Carrillo

Director de proyecto

Ing. Lucas Garcés

Director de carrera



Abg. Dawin Albán

Secretario Académico