



# ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi.**

Monge Viera, Erick Estuardo.

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Software

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Software

M. Sc. Escobar Sánchez, Milton Eduardo.

Latacunga, 11 de marzo de 2021



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi.”** fue realizado por el **Sr. Monge Viera, Erick Estuardo**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 11 de marzo del 2021



Firmado electrónicamente por:  
**MILTON EDUARDO  
ESCOBAR SANCHEZ**

.....  
C.C.: 1710557545

**Escobar Sánchez, Milton Eduardo Mgs.**

## Reporte del Urkund



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis\_Monge\_Erick.pdf (D97940527)  
 Submitted: 3/11/2021 10:25:00 AM  
 Submitted By: meesacobar1@espe.edu.ec  
 Significance: 6 %



Escaneado y almacenado por:  
**MILTON EDUARDO  
 ESCOBAR SANCHEZ**

#### Sources included in the report:

2020-10-30 PLATAFORMA\_WEB\_EMPRENDIMIENTO\_BASE\_TECNOLOGICA.doc (D83812849)  
 Tesis+Anexos.pdf (D97047717)  
 submission.pdf (D62554151)  
 TESIS - DESARROLLO DE UN USER-BOT.docx (D81696531)  
 Propuesta\_Tecnologica\_Alex\_Rivera.pdf (D78161013)  
 Douglas Vasquez-ver F.doc (D80432297)  
 Grupo 2 Paralelo A.pdf (D76032842)  
 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO DE CONTROL analisis V1.docx (D64726228)  
[https://www.researchgate.net/publication/316176827\\_Identificacion\\_de\\_tecnicas\\_de\\_mineria\\_de\\_datos\\_para\\_apoyar\\_la\\_toma\\_de\\_decisiones\\_en\\_la\\_solucion\\_de\\_problemas\\_empresariales](https://www.researchgate.net/publication/316176827_Identificacion_de_tecnicas_de_mineria_de_datos_para_apoyar_la_toma_de_decisiones_en_la_solucion_de_problemas_empresariales)  
<https://doi.org/10.4995/riai.2018.9421>  
<https://aws.amazon.com/es/what-is-cloud-storage/>  
[https://www.ecured.cu/Desarrollo\\_de\\_software](https://www.ecured.cu/Desarrollo_de_software)  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n39/v24n39a04.pdf>  
<http://www.elsitioavicola.com/articles/2187/control-de-factores-ambientales-en-la-crianza-de-pollitos-1/>  
<https://agrinews.es/2014/02/13/los-efectos-sobre-el-rendimiento-de-los-pollos-criados-para-la-produccion-de-huevos-o-carne-con-dietas-con-alto-contenido-en-fibra/>  
<https://www.grapheverywhere.com/nosql-vs-sql/>  
<http://www.elsitioavicola.com/articles/2137/el-calcio-y-fosforo-como-protagonistas-en-la-nutricion-de-ponedoras/>  
<https://www.agricultura.gob.ec/avicultura-de-cotopaxi-se-impulsara-mediante-comercializacion-directa/>  
[http://dit.upm.es/~fsaez/intl/libro\\_complejidad/15-el-desarrollo-del-software.pdf](http://dit.upm.es/~fsaez/intl/libro_complejidad/15-el-desarrollo-del-software.pdf)  
<https://doi.org/10.3233/JIFS-169045>  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8725>  
<https://www.agricultura.gob.ec/crianza-de-gallinas-de-postura-alternativa-sustentable-para-los-avicultores-de-salcedo/>  
<https://miproma.es/metionina-aves-corrals/#:~:text=La>  
<http://textos.pucp.edu.pe/pdf/3134.pdf>  
<https://doi.org/10.22458/ie.v17i22.1100>



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

#### RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Monge Viera Erick Estuardo**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi”**, es de mi 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, 11 de marzo del 2021

**Monge Viera Erick Estuardo**

C.C.:0503182644



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Monge Viera Erick Estuardo**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “**Desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi**”, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 11 de marzo del 2021

**Monge Viera Erick Estuardo**  
C.C.: 0503182644

## DEDICATORIA

Finalizado este presente proyecto de investigación, quiero dedicar el presente trabajo a toda mi querida familia por siempre brindarme su apoyo incondicional, aprendiendo de ellos valores como humildad, solidaridad y respeto, esenciales para poder alcanzar mis metas. A mis padres los cuales siempre me han guiado como persona de bien, gracias por brindándome amor y palabras de aliento en el transcurso de mis estudios.

Sobre todo, se lo dedico a Dios por mantenerme firme ante las adversidades y poner en mi camino a todas las personas que me han enseñado a ser mejor día a día.

***Erick Monge***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme salud y paciencia durante mi vida estudiantil, permitiéndome efectuar un objetivo más en mi desarrollo personal.

A mis padres agradecerle por el esfuerzo realizado durante toda mi vida académica, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, gracias a ustedes soy una persona con valores y preparada para perseguir nuevas metas.

Agradecerle al director del presente trabajo de investigación Mgs. Milton Escobar, quien a ha sido además de una guía, un amigo. Gracias por brindar la asesoría durante el desarrollo del presente proyecto y a los profesores de la carrera de Ingeniería de Software por el conocimiento compartido.

Finalmente, agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, por permitirme prepararme en una excelente universidad del Ecuador y brindarme todas las herramientas necesarias para culminar mi carrera universitaria.

***“Ninguna vida es completa sin un toque de locura”***  
Paolo Coello

***Erick Monge***

## Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación .....	2
Reporte del Urkund.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos .....	8
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras .....	13
Índice de ecuaciones.....	16
Resumen .....	17
Abstract.....	18
Generalidades .....	19
Planteamiento y Formulación del Problema.....	20
<i>Preguntas de investigación</i> .....	23
Justificación e Importancia.....	23
Objetivos. ....	26
<i>Objetivo General</i> .....	26
<i>Objetivos Específicos</i> .....	26
Hipótesis.....	27
Variables de la investigación.....	27
Marco Teórico .....	28
La avicultura. ....	29

<i>La avicultura a nivel mundial y su impacto global</i> .....	29
<i>Avicultura y Organizamos reguladores en Ecuador</i> .....	30
<i>Nutrición Avícola</i> .....	31
<i>Factores nutricionales avícolas</i> .....	31
<i>Componentes Nutricionales Avícolas (aves ponedoras)</i> .....	39
<i>Cálculos Nutricionales (AVES)</i> .....	42
<b>Software</b> .....	44
<i>Tipos de Software</i> .....	45
<i>Software Móvil</i> .....	46
<i>Desarrollo del Software</i> .....	47
<i>Ciclo de vida del Software</i> .....	48
<i>Proceso de Desarrollo Software</i> .....	49
Análisis.....	50
Diseño.....	50
Codificación.....	51
Pruebas.....	52
Implementación.....	52
<i>Metodología de Software y Técnica Mobile-D</i> .....	52
<i>Herramientas para el desarrollo de software</i> .....	54
Lenguaje de Programación.....	54
Framework- KIVY.....	56
Plataformas de almacenamiento de información - Firebase.....	57
Estándares Software.....	60
<b>Inteligencia Artificial</b> .....	61
<i>Áreas de la Inteligencia Artificial</i> .....	62
<i>Aprendizaje Automático y Tipos de Aprendizaje</i> .....	64

	10
<i>Aprendizaje Supervisado y Algoritmos Inteligentes</i> .....	65
<i>Minería de Datos</i> .....	68
<i>Métricas para evaluar un algoritmo inteligente</i> .....	71
<i>Sistema Experto</i> .....	73
<i>Estructura de un sistema experto (Elementos)</i> .....	74
<i>Metodologías para Sistemas Experto – Técnica Buchanan</i> .....	76
<i>Métrica para validar sistema experto</i> .....	77
<b>Análisis, diseño y desarrollo del sistema del sistema experto</b> .....	79
<b>Etapa 1. Análisis software</b> .....	79
<i>Actividad 1 (Entrevista entre el experto y el desarrollador)</i> .....	80
<i>Actividad 2 (Análisis de la entrevista)</i> .....	80
<i>Actividad 3 (Generación del documento de especificación de requisitos software)</i> .....	81
<b>Etapa 2. Diseño software</b> .....	81
<i>Diseño arquitectónico</i> .....	82
<i>Diseños funcionales</i> .....	83
<i>Diseño de base de datos</i> .....	88
<b>Etapa 3. Desarrollo y pruebas software</b> .....	90
<i>Configuración del entorno de trabajo</i> .....	90
<i>Construcción de los componentes software</i> .....	93
<i>Elaboración de las tareas y pruebas software</i> .....	95
<b>Validación del sistema</b> .....	101
<b>Validación del modelo predictivo</b> .....	101
<b>Validación del sistema experto</b> .....	104
<b>Conclusiones</b> .....	115
<b>Recomendaciones</b> .....	117

**Bibliografía ..... 119**

**Anexos ..... 131**

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b>	<i>Problemas identificados, solución, enfoque y evidencia identificadas. ....</i>	22
<b>Tabla 2</b>	<i>Semanas y consumo diario por ave. ....</i>	43
<b>Tabla 3</b>	<i>Comparativa entre base de dato relacional y no relacional. ....</i>	59
<b>Tabla 4</b>	<i>Estándar y etapa de utilización software. ....</i>	61
<b>Tabla 5</b>	<i>Comparación del método manual con el sistema software. ....</i>	105
<b>Tabla 6</b>	<i>Comparativo entre las formas de obtener una nutrición adecuada. ....</i>	113

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Estructura de la investigación propuesta.</i> .....	28
<b>Figura 2</b>	<i>Tipos de gallinas ponedoras más comunes en el mercado ecuatoriano.</i> ...	32
<b>Figura 3</b>	<i>Fases de producción de las aves ponedoras.</i> .....	38
<b>Figura 4</b>	<i>Tipos de software.</i> .....	45
<b>Figura 5</b>	<i>Sistemas operativos para dispositivos móviles.</i> .....	46
<b>Figura 6</b>	<i>Ciclos de vida software.</i> .....	48
<b>Figura 7</b>	<i>Proceso de desarrollo software.</i> .....	50
<b>Figura 8</b>	<i>Fases de la metodología Mobile-D.</i> .....	53
<b>Figura 9</b>	<i>Clasificaciones de los lenguajes de programación.</i> .....	55
<b>Figura 10</b>	<i>Tipos de bases de datos.</i> .....	58
<b>Figura 11</b>	<i>Áreas de la inteligencia artificial.</i> .....	62
<b>Figura 12</b>	<i>Tipos de aprendizaje automático.</i> .....	64
<b>Figura 13</b>	<i>Tipos de aprendizaje supervisado.</i> .....	66
<b>Figura 14</b>	<i>Procesos de minería de datos.</i> .....	69
<b>Figura 15</b>	<i>Beneficios de utilizar minería de datos.</i> .....	70
<b>Figura 16</b>	<i>Matriz de confusión.</i> .....	72
<b>Figura 17</b>	<i>Razones para utilizar sistemas expertos.</i> .....	73
<b>Figura 18</b>	<i>Estructura básica de un sistema experto.</i> .....	75
<b>Figura 19</b>	<i>Fases de la metodología Buchanan.</i> .....	76
<b>Figura 20</b>	<i>Proceso de evaluación de un sistema experto.</i> .....	78
<b>Figura 21</b>	<i>Etapas software de la investigación realizada.</i> .....	79
<b>Figura 22</b>	<i>Actividades de la etapa de análisis.</i> .....	80
<b>Figura 23</b>	<i>Actividades de la etapa de diseño.</i> .....	81
<b>Figura 24</b>	<i>Diseño Arquitectónico de la investigación realizada.</i> .....	82

<b>Figura 25</b>	<i>Diseños funcionales propuestos.....</i>	83
<b>Figura 26</b>	<i>Diagrama de Clases propuesto en la presente investigación. ....</i>	84
<b>Figura 27</b>	<i>Diseño secuencial de la investigación realizada.....</i>	86
<b>Figura 28</b>	<i>Diagrama de paquetes de la presente investigación.....</i>	87
<b>Figura 29</b>	<i>Diseño de base de datos de la investigación propuesta. ....</i>	89
<b>Figura 30</b>	<i>Actividades de la etapa de desarrollo y pruebas de la investigación propuesta.....</i>	90
<b>Figura 31</b>	<i>Preparación del entorno de trabajo propuesto en la investigación.....</i>	91
<b>Figura 32</b>	<i>Tareas de desarrollo de componentes software propuesto para esta investigación.....</i>	93
<b>Figura 33</b>	<i>Tareas y pruebas software propuestas en esta investigación.....</i>	96
<b>Figura 34</b>	<i>Interfaz principal del aplicativo software.....</i>	98
<b>Figura 35</b>	<i>Interfaz de registro de un grupo de aves del aplicativo software. ....</i>	99
<b>Figura 36</b>	<i>Interfaz de actualización del aplicativo software. ....</i>	99
<b>Figura 37</b>	<i>Interfaz de gestión de costos de materia prima del aplicativo software. ....</i>	100
<b>Figura 38</b>	<i>Interfaz de consulta alimenticia idónea del aplicativo software. ....</i>	100
<b>Figura 39</b>	<i>Actividades del Capítulo IV de la presente investigación. ....</i>	101
<b>Figura 40</b>	<i>Evaluación del modelo predictivo (árbol de decisión).....</i>	102
<b>Figura 41</b>	<i>Comparativa de tiempos entre métodos nutricionales avícolas. ....</i>	107
<b>Figura 42</b>	<i>Comparación entre respuestas del aplicativo y expertos. ....</i>	108
<b>Figura 43</b>	<i>Porcentaje de tiempo empleado por el experto 1 tradicionalmente. ....</i>	109
<b>Figura 44</b>	<i>Porcentaje de tiempo empleado por el experto 2 tradicionalmente. ....</i>	109
<b>Figura 45</b>	<i>Porcentaje de tiempo empleado por el experto 3 tradicionalmente. ....</i>	110
<b>Figura 46</b>	<i>Porcentaje de tiempo empleado por el experto 4 tradicionalmente. ....</i>	111
<b>Figura 47</b>	<i>Porcentaje de tiempo empleado por el experto 5 tradicionalmente. ....</i>	111
<b>Figura 48</b>	<i>Porcentaje de tiempo empleado por el experto 6 tradicionalmente. ....</i>	112

**Figura 49** *Análisis Comparativo* ..... 113

**Índice de ecuaciones**

**Ecuación 1**      Fórmula para calcular el consumo diario de alimento necesario..... 43

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación está orientado al desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en granjas avícolas, enfocada para funcionar como una herramienta de ayuda para avicultores. El desarrollo de la presente investigación se conforma de 4 etapas fundamentales: La primera etapa consta de determinar el comportamiento del sistema y conocer las bases necesarias para su implementación a partir del análisis de las necesidades. En la segunda etapa se lleva a cabo el diseño de la arquitectura del sistema para obtener un mejor entendimiento de la estructura. La tercera etapa consiste en el desarrollo y codificación del proyecto según lo establecido por la metodología Mobile-D y Buchanan, así como también en la implementación de los componentes estructurales (bases de datos, base de conocimiento, motor de inferencia, modelo predictivo e interfaz de usuario). Finalmente, en la cuarta etapa se ejecutan las pruebas al sistema con el fin de examinar si se cumple con todos los requerimientos planteados en la primera fase, de igual manera se efectúa una valoración de eficacia de la predicción brindada por este software haciendo uso de métricas de evaluación denominada matriz de confusión. Obteniendo como resultado final el desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en granjas avícolas, sistematizando el procesamiento del diagnóstico alimenticio animal de una manera manual a un procedimiento inteligente. Optimizándose el tiempo de respuesta entre el método tradicional de diagnóstico alimenticio y el aplicativo desarrollado en un 75.55%, es decir el sistema experto desarrollado en la presente investigación permite obtener la misma asesoría técnica de un experto humano, pero si la necesidad de que esté presente y cobre un rédito económico por sus servicios prestados. Aumentando la calidad de los productos de la granja debido a la eficiencia del 98.33% entre el método tradicional y el sistema planteado en esta investigación.

### Palabras clave:

- **MATRIZ DE CONFUSIÓN**
- **APRENDIZAJE SUPERVISADO**
- **COMPONENTE SOFTWARE**
- **ALIMENTACIÓN AVÍCOLA**
- **MODELO PREDICTIVO.**

## ABSTRACT

This research project is aimed at the development of an expert system to support poultry nutrition in poultry farms, focused to function as an aid tool for poultry farmers. The development of this research is made up of 4 fundamental stages: The first stage consists of determining the behaviour of the system and knowing the necessary bases for its implementation based on the analysis of the needs. In the second stage, the design of the system architecture is carried out in order to obtain a better understanding of the structure. The third stage consists of the development and coding of the project according to the Mobile-D and Buchanan methodology, as well as the implementation of the structural components (databases, knowledge base, inference engine, predictive model and user interface). Finally, in the fourth stage, the system is tested in order to examine whether it meets all the requirements set out in the first phase, as well as to evaluate the effectiveness of the prediction provided by this software using evaluation metrics called confusion matrix. The final result is the development of an expert system to support poultry nutrition in poultry farms, systematising the processing of animal food diagnosis from a manual way to an intelligent procedure. Optimising the response time between the traditional method of feed diagnosis and the developed application by 75.55%, i.e. the expert system developed in this research allows the same technical advice to be obtained from a human expert, but without the need for him to be present and charge an economic return for his services rendered. Increasing the quality of the farm's products due to the efficiency of 98.33% between the traditional method and the system proposed in this research.

### Key words:

- **CONFUSION MATRIX**
- **SUPERVISED LEARNING**
- **COMPONENT SOFTWARE**
- **POULTRY FEED**
- **PREDICTIVE MODEL.**

## CAPÍTULO I

### 1. Generalidades

La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) describe que a nivel mundial la industria avícola es una de las actividades de mayor expansión, por ofrecer productos de consumo humano como carne y huevos. Esta industria presta considerable importancia a los aspectos nutricionales y alimenticios de las aves, debido a que la producción se basa en la alimentación y al cuidado de las misma, actualmente en el mundo se producen más de 550 000 millones de huevos diarios y en el Ecuador se estima un promedio de 7225 000 huevos (FAO, 2020).

La Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE) menciona en su portal web que para el año 2020, cada persona aproximadamente consume una docena de huevos al mes. Existiendo 1600 productores dedicados a la explotación de gallinas ponedoras, razón por la cual la nutrición de aves debe ser debidamente elaborada por un experto. Una mala combinación de ingredientes provocará un bajo desarrollo homogéneo en el crecimiento de las aves y en consecuencia una menor producción, llegando incluso hasta la muerte del animal (CONAVE, 2020).

La actividad comercial de la provincia de Cotopaxi está enfocada en la producción de aves de postura (rentabilidad basada en huevos) y aves de engorde (rentabilidad basada en el peso). Registrando un promedio de 49 granjas que generan alrededor de 3 millones de huevos diarios y comercializando más de 525 mil toneladas de carne de ave (Jaramillo D, 2020).

La presente investigación se realizará en la granja avícola “MILTON MARIO”, la cual se encuentra ubicada en sector de Mollepamba, perteneciente al cantón de Saquisilí. Siendo su principal objetivo la producción de huevos para el consumo humano, enfocándose al emprendimiento e innovación tecnología.

Garantizándose con esto la calidad y frescura del producto. Dicha empresa cuenta datos históricos que pueden ser aprovechados y analizados de mejor manera para la elaboración de un balanceado adecuado (Puruncajas Milton, 2019).

La nutrición de las aves es una tarea importante en la producción de las granjas avícolas, constituyéndose en la principal actividad para el crecimiento y desarrollo de dichos animales. Para lo cual se requiere una alimentación sana, natural y equilibrada, lo cual prevendrá la tasa de mortalidad y la mejora en la calidad del producto (FUDE, 2020).

La presente investigación ayudara en la tarea de elaboración del balanceado la misma que ocasiona pérdida de tiempo y gastos en asesorías de un experto para el análisis de información requerida como materia prima, ya que en ocasiones el control alimenticio no es el adecuado. Por estas razones la granja se ha visto en la necesidad de buscar asesoría técnica para desarrollar un sistema experto que permita ser una herramienta de apoyo para la nutrición de aves.

Además, dicha investigación a través del desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi. Permitiendo a las personas especializadas en crianza de aves acceder fácilmente a la información que se necesita para la elaboración de un balanceado nutricionalmente adecuado, sin requerir la presencia de un experto en el sitio facilitando dicho proceso sin importar el horario del día y el lugar en el que se encuentren los avicultores. Generando un ambiente más confortable para el avicultor y beneficiando la productividad de la granja. Permitiendo un adecuado control alimenticio, ahorrando tiempo, disminuyendo costos y reduciendo la tasa de mortalidad de las aves (FUDE, 2020).

### **1.1. Planteamiento y Formulación del Problema.**

En los últimos años el consumo de productos como carne de ave y huevos ha crecido enormemente, haciendo que los avicultores busquen mejorar sus productos mediante la adquisición de herramientas tecnológicas y capacitándose constantemente (El Herald, 2018).

En la actualidad la fabricación de un balanceado requiere de personal debidamente calificado en dietas alimenticias para animales, debido a que una inadecuada nutrición con cantidades incorrectas no beneficiara al desarrollo de las aves, constituyéndose en problemas y amenazas graves para la producción de una granja avícola, causando que

la crianza de aves no sea rentable y se opte por otra forma de emprendimiento (El Herald, 2018).

Las amenazas que conlleva una mala alimentación en las aves son: una baja productividad y el sobrepeso del ave, causando la mortalidad del animal y provocando baja rentabilidad económica a la granja (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

Así también otro de los problemas a considerar son el cronograma de vacunación de enfermedades que si no se vacuna a tiempo esto puede causar grandes problemas para la salud humana (Gallinas ponedoras, 2020).

Por lo tanto, el problema principal de las granjas avícolas está en reconocer el tipo de nutrición y la cantidad suministrada a diario para la crianza de aves, debido a que los avicultores realizan esta actividad mediante la identificación de varios aspectos relacionados con el grupo de aves, lo que implica un consumo de tiempo, debido a las diversas especies existentes y a la edad de vida que siempre es cambiante, incluso los expertos no logran alimentar con cantidades correctas lo que conllevaban a costos excesivos y alimentos erróneos que no aportan en nada al ave (Gallinas ponedoras, 2020).

Este proyecto beneficia al avicultor nuevo o con experiencia porque permitirá llevar un control alimenticio, ya que todas las granjas avícolas deben llevar un registro histórico de los componentes nutricionales utilizados en la alimentación diaria del ave. De estos datos se puede sacarles beneficios ya que actualmente no son aprovechados para encontrar un tipo de alimento idóneo, haciendo necesaria mucha experticia y experiencia del experto para alimentar a las aves.

Por las razones mencionadas en los párrafos anteriores se propuso el desarrollo de una herramienta innovadora que explote adecuadamente los datos históricos de la granja para encontrar un tipo de alimento adecuado, además de provea de información que facilite y agilice la elaboración de balanceado, sea accesible desde cualquier momento y lugar.

El trabajo de investigación propuesto tiene como propósito el desarrollo de un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves de la granja avícola "MILTON MARIO". Dicha aplicación proporcionara los componentes y cantidades para

elaborar el balanceado, además suministrara el total de libras diarias que son necesarias para alimentar al grupo de aves, mediante esta información el avicultor ahorrará tiempo y costos en asesoría técnica.

Bajo este contexto se detallan las diferentes problemáticas, soluciones, procesos y evidencias que se tomaran en cuenta durante el proceso de elaboración de esta investigación, a continuación, se describe en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Problemas identificados, solución, enfoque y evidencia identificadas.*

<b>PROBLEMÁTICA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>	<b>PROCESO</b>	<b>EVIDENCIA</b>
No existe una aplicación móvil que permita dar apoyo a la nutrición avícola en granjas.	Desarrollo de un sistema software para dar apoyo a la nutrición avícola.	Estrategia de procesos	Funcionamiento de un sistema software para dar apoyo a la nutrición avícola.
La alimentación de las aves conlleva análisis de los factores alimenticios.	Desarrollar un módulo para la gestión de información avícola.	Estrategia de competencias.	Optimización el proceso de análisis en el aplicativo software.
Subutilización de los recursos para el ciclo productivo de las aves.	Implementación de una aplicación móvil que sea eficiente, confiable y usable.	Estrategia de seguimiento y control	Seguimiento y control automático de un grupo de aves con aspectos como: eficiencia, confiable y usable.

*Nota:* En esta tabla se muestra los problemas soluciones y enfoques evidenciados para el desarrollo del proyecto.

### **1.1.1. Preguntas de investigación.**

¿Cuál será el fundamento teórico vinculado en la elaboración de balanceado y los sistemas expertos para dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi?

¿Cómo se puede desarrollar e implementar un modelo predictivo a través del uso de un algoritmo de aprendizaje automático (Machine Learning) como apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi?

¿De qué manera se puede validar un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi a través del uso de la matriz de confusión?

¿Cómo se puede desarrollar e implementar un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi basándose en la metodología de desarrollo software Mobile-D?

¿De qué manera se puede validar un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario” en el cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi mediante el uso de indicadores nutricionales?

### **1.2. Justificación e Importancia.**

En las granjas avícolas a diario se prepara alimento para aves, este proceso comprende la utilización de varios ingredientes nutricionales como la soya, maíz, aceite, sal, entre otros. Esta actividad tiene la finalidad de satisfacer de nutrientes a las aves, para que a su vez estas obtengan una mejor calidad en la tapa de postura del producto (Herrero, 1995).

Hay varias razones para desarrollar un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola, la más importantes es apoyar a una persona con poca experiencia sin importar el área de conocimiento, pretendiendo solucionar un problema sin necesidad del apoyo de una persona experta.

En algunos casos las soluciones de los expertos humanos no son fiables, debido a un incorrecto análisis o falta de experiencia, sin duda un sistema experto suministrara respuestas rápidas y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden estar presentes o no poseen la suficiente experiencia profesional (Gil Espert, n.d.).

Este proyecto contribuirá a prevenir enfermedades digestivas causadas por la mala alimentación, suministrando cantidades exactas de alimentos necesarios para la elaboración del balanceado, controlando el desarrollo de las aves sin la asesoría constata de un experto (nutricionista animal). Lo cual permitirá al avicultor aumentar la productividad de la granja haciendo que las aves tengan una condición saludable lo que repercute en un mejor plumaje (condición física) y en producir un mejor producto es decir un huevo de mayor tamaño.

Al mismo tiempo se aprovechará un recurso muy importante como son los datos históricos que se mantenían almacenados en papel y documentos electrónicos en formato (.xlsx) de un año atrás (granja avícola "Milton Mario"), los cuales fueron procesados posteriormente para transformándolos a un formato (.json), ya que dicho formato permitirá el uso de los datos de manera dinámica almacenándolos en la plataforma de almacenamiento en la nube denominada Firebase (software libre). Estableciendo una gran ventaja por su utilización en tiempo real y la facilidad de sincronizar la información de este proyecto.

Además, cabe recalcar que esta información se podrá utilizar de manera sincronizada con la aplicación móvil facilitando la predicción del algoritmo supervisado. Por lo antes mencionado el aplicativo estará favoreciendo a la economía de la granja con la reducción de gastos ya sea por asesoría técnica o en el inadecuado uso de cantidades nutricionales que muchas veces no llevan a un desarrollo homogéneo en las aves ponedoras.

La herramienta propuesta en esta investigación es una alternativa eficaz y óptima al momento de brindar el apoyo necesario para la nutrición de las aves sin la necesidad de la supervisión de un especialista (experto) en nutrición en la granja avícola "Milton Mario" del cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi.

Además, dicha investigación se enfocará en el desarrollo de una aplicación móvil la cual permitirá tener una disponibilidad de las 24 horas del día, los 365 días del año,

dando la oportunidad que la utilización sea mayor porque siempre estará visible en el escritorio del dispositivo, siendo un complemento ideal en la estrategia del negocio avícola, permitiendo establecer de manera ágil una cantidad adecuada de materia prima para la elaboración del balanceado. Lo cual se verá reflejado en los siguientes beneficios:

- a. El avicultor al contar con una herramienta que podrá acceder a información para alimentar a aves ponedoras de manera rápida, segura desde cualquier momento y lugar (Gil Espert, n.d.).
- b. La granja avícola porque no presenta un gasto mayor y da la oportunidad de apoyar a la nutrición de aves mediante el análisis de datos históricos que no están siendo aprovechados apropiadamente. Además, solucionaría varios problemas de control que se presentan en la granja avícola (Gil Espert, n.d.).
- c. Los técnicos especializados en crianza de aves ponedoras debido a que mejora la calidad del producto en granjas avícolas mediante el ahorro de cantidades de materia prima, además apoya con la nutrición de aves, disminuyendo enfermedades digestivas y procurando un desarrollo homogéneo, reflejándose en la disminución de costos y rentabilidad en la empresa, así se asegura el bienestar de sus empleados, familias y la sociedad en general avícola (Gil Espert, n.d.).

Mediante el desarrollo de presente trabajo de titulación, los avicultores podrán alimentar un grupo de aves sin la necesidad de poseer conocimiento o experiencia en nutrición animal lo cual se verá reflejado en el ahorro de recursos al momento de generar el balanceado avícola (componentes nutricionales). Mejorando la producción y disminuyendo las pérdidas causadas por la mala nutrición alimentación de los animales de la granja.

Por los motivos mencionados en los párrafos anteriores la presente investigación posee una adecuada innovación dentro de la avicultura modera y su aplicabilidad. Ya que al examinar diversas fuentes bibliográficas (artículos científicos - trabajos de investigación) se obtuvieron solamente resultados relacionados con áreas referentes con la administración de granjas avícolas y con lo referente al proceso que conlleva la alimentación de aves ponedoras.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

- Desarrollar un sistema experto que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “MILTON MARIO” cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Elaborar un marco teórico vinculado con la elaboración de balanceado y los sistemas expertos.
- Desarrollar el modelo predictivo estableciendo un tipo de aprendizaje inteligente y un algoritmo de Machine Learning adecuado; así como la evaluación del modelo mediante la matriz de confusión.
- Desarrollar el sistema experto basado en la metodología de desarrollo software “Mobile-D”.
- Implementar el sistema experto en la granja avícola “MILTON MARIO” cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi.
- Validar el sistema experto mediante indicadores afín de que se facilite la nutrición de aves en la granja avícola.

#### **1.4. Hipótesis.**

¿Si se desarrolla un sistema experto para dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola "Milton Mario" cantón Saquisilí provincia de Cotopaxi entonces se optimizará costos y recursos de la granja?

#### **1.5. Variables de la investigación.**

- Variable Independiente: desarrollo de un sistema experto móvil
- Variable Dependiente: optimización del tiempo de productividad de la granja avícola a través de brindar información que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola "Milton Mario".
- Indicadores:
  - Diferencia del tiempo entre el método tradicional y el método automático.
  - Porcentaje de Predicción del algoritmo Inteligente.
  - Cantidad de datos utilizados para la predicción de un tipo de alimento.

## CAPÍTULO II

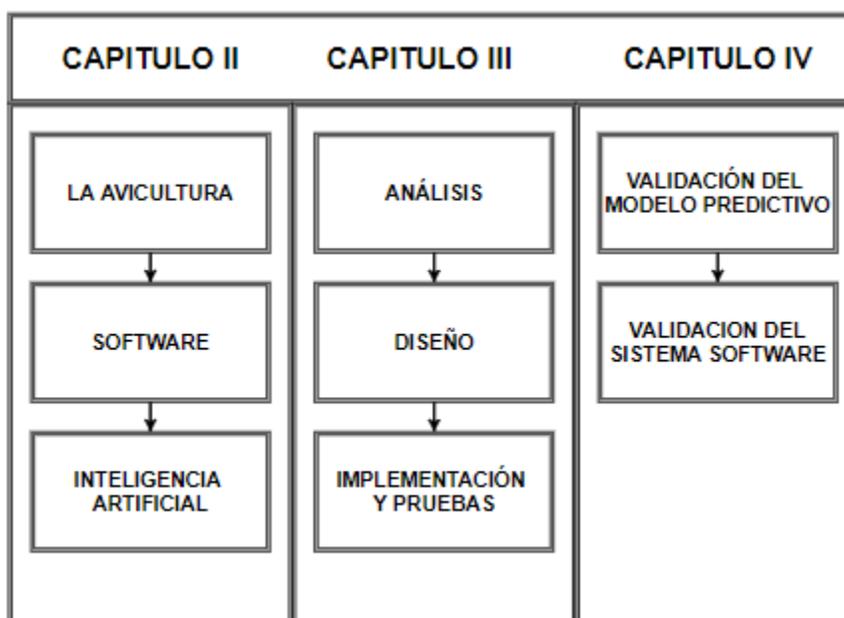
### 2. Marco Teórico

En el presente capítulo describe de manera general la conceptualización teórica utilizada como base para de la presente investigación. Aspecto importante por ser una referencia necesaria para delimitar el problema, plantear definiciones, fundamentar las hipótesis o afirmaciones que posteriormente tendrán que verificarse, e interpretar los resultados de estudio.

En la Figura 1 se puede visualizar las partes que conforman los capítulos correspondientes al desarrollo de la presente investigación. Listándose a continuación los contenidos de los capítulos. El capítulo II trata información acerca de la Avicultura, Software e Inteligencia Artificial, el capítulo III comprende las partes como análisis, diseño, implementación y pruebas. Para finalizar en el capítulo IV se establece las validaciones del modelo predictivo y del sistema software. A continuación, se detallan cada una de las partes comprendidas en el presente capítulo.

**Figura 1**

*Estructura de la investigación propuesta.*



*Nota:* En esta figura se muestra la estructura de a investigación propuesta.

## **2.1. La avicultura.**

### **2.1.1. La avicultura a nivel mundial y su impacto global.**

La avicultura se trata de un tipo de actividad en donde una persona o una población se dedican a cuidar y criar aves como animales domésticos con la finalidad de explotar comercialmente esta actividad por medio de la comercialización de sus productos como la carne blanca, huevos entre otros (Llvisaca, 2011).

Internacionalmente los productos avícolas son considerados como los principales componentes que conforman la canasta básica familiar debido a que contienen un alto nivel proteínico y satisfacen adecuadamente las necesidades alimenticias del ser humano (Chiriboga, 2019).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), determinan que la avicultura dinamiza la economía mundial debido a que genera empleo a dos terceras partes de las familias de cada región, dicho esto al menos 100 millones de personas dependen de este sector (FAO, 2020).

Cabe destacar que la producción avicultora promueve la preservación del medio ambiente y el bienestar animal a través de la implementación de programas de alimentación eficaces e innovadores que permiten hacer de esta actividad comercialmente rentable ofreciendo productos de calidad y satisfaciendo la necesidad de sus clientes (Llvisaca, 2011).

Además, es importante señalar que las principales características de la avicultura son las siguientes (Barbado, 218 C.E.):

- Mínima mano de obra. - se basa solo en el cuidado de las aves a través de la implementación de programas de alimentación.
- Producción tradicional. - el proceso del cuidado de las aves no es indispensable el adquirir herramientas tecnología, pero si apoya a una mejor productividad.

- Utilidades a corto plazo. - son productos de alta demanda y fácil de comercializar durante todo el año.

### **2.1.2. Avicultura y Organizamos reguladores en Ecuador.**

La avicultura en Ecuador es una actividad muy dinámica del sector agropecuario que durante los últimos 30 años ha sobresalido debido a la gran demanda de sus productos para todos los estratos sociales de la población (Leon, 2018).

Según (Torres, 2015) existe aproximadamente 800,000 familias ecuatorianas que practican esta actividad avícola, la cual representa el 70% de la producción agrícola del país y el 60% de los alimentos que conforman la canasta básica (Torres, 2015).

Los organizamos reguladores de la actividad avícola en el Ecuador son aquellos entes encargados de controlar (generación de normas) y asegurar el correcto funcionamiento de este sector industrial coadyuvando un adecuado desarrollo económico y social del país (Velaochaga, 2008).

A continuación, se listan las instituciones más importantes (Tapia., 2017):

- a. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). - Organismo cuya finalidad es definir y ejecutar políticas de prevención de la salud pública y del ambiente, tomando en consideración normas nacionales e internacionales.
- b. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). – Entidad encargada de trabajar por el sector avícola del Ecuador, creando política pública que favorezcan el crecimiento y desarrollo del sector de las aves.
- c. Ministerio del Ambiente (MAE). - Autoridad ambiental responsable de establecer buenas prácticas para el avicultor, regulando la construcción de instalaciones y la operación de las actividades avícolas.

- d. Corporación Nacional de Avicultores (CONAVE) y la Asociación Regionales de Avicultores. - Instituciones que no tienen fines de lucro y buscan mejorar la cadena productiva del sector avícola.

Las entidades mencionadas recomiendan que además de la crianza de aves se practique actividades agroindustriales enfocadas en la producción del maíz, arroz, soya entre otros productos, con la finalidad de obtener materias primas que abarate los costos de producción y esto permita la preparación del alimento balanceado para suplir las necesidades alimenticias de los animales (Vargas, 2016).

### **2.1.3. Nutrición Avícola.**

Actividad que se enfoca en satisfacer los requerimientos nutricionales de las aves en cada una de las etapas de su vida productiva (inicio, desarrollo, pre-postura y postura) (ROLDÁN, 2019).

La nutrición avícola también se lo puede tomar como la actividad de elaboración de alimento balanceado, la cual se formula a partir de una mezcla de ingredientes como son los granos, subproductos, grasas, fuentes de proteínas vegetales, suplementos vitamínicos, aminoácidos y aditivos para alimentos (CCPA, 2018).

### **2.1.4. Factores nutricionales avícolas.**

Un factor nutricional es un elemento que causa un balance entre las necesidades y el gasto de energía alimentaria. Estos factores son evaluados por una persona especialista en nutrición animal para formular dietas con productos adecuados que ayuden a maximizar el desarrollo de las ave (Silva, 2016).

Los factores que intervienen en la nutrición de aves ponedoras son los siguientes: 1) Tipo de ave, 2) La temperatura, 3) Tiempo de vida y 4) Fases de producción (FAO, 2001).

1. Tipo de Ave. – Característica aviar importante debido que al existir un aumento sin control de diversos tipos de aves en el sector de la industria avícola hacen imprescindible el identificar el tipo de ave para que la

producción sea más eficiente y cumpla con las exigencias del mercado (Farchild, 2012). Además, cada tipo de especie necesita una porción específica de nutrientes para que el ave se desarrolle adecuadamente (Arias & Lomas, 2013). En la Figura 2 se muestra 15 tipos de gallinas ponedoras más comunes en el mercado ecuatoriano consideradas para el desarrollo del sistema experto.

## Figura 2

*Tipos de gallinas ponedoras más comunes en el mercado ecuatoriano.*



*Nota:* En esta imagen se muestra los tipos de gallina ponedoras más comunes en el mercado ecuatoriano.

A continuación, se describen las características y cualidades de las gallinas ponedoras consideradas:

- Lohmann LSL. - Ponedora que está presente en muchos países del mundo debido a su productiva y a la calidad del cascaron del huevo que es de color blanco, esta ave es de naturaleza tranquila y se adapta bien a sistemas de producción alternativos. Según (General Afitex, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética Lohmann, con un plumaje predominante blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos alojada entre 368 con un peso promedio de 63 gramos de color de cascara blanco (General Afitex, 2018).

- Lohmann Brown. - Esta ponedora está presente en todas las partes del mundo porque se adecua a todos los sistemas de producción, además muestra buenas presentaciones por la puesta del huevo color marrón. Según (General Afitex, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética Lohmann, con un plumaje predominante marrón, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, número de huevos alojada entre 358 con un peso promedio de 64.4 gramos de color de cascara marrón (General Afitex, 2018).
- Lohmann Sandy. - Esta ponedora está presente en todas las partes del mundo porque se adecua a todos los sistemas de producción, se caracteriza por tener una sobresaliente conversión de alimentos y por su robustez. Según (Lohmann, 2013), las características de esta ponedora son: línea genética Lohmann, con un plumaje predominante blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, número de huevos alojada entre 368 con un peso promedio de 63 gramos de color de cascarón crema o marrón (Lohmann, 2013).
- Lohmann Silver. - Esta ponedora está presente en todas las partes del mundo porque se adecua a todos los sistemas de producción, su ventaja reside especialmente en su plumaje, el tamaño de sus huevos y por su robustez. Según (Lohmann, 2013), las características de esta ponedora son: línea genética Lohmann, con un plumaje predominante blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, número de huevos alojada entre 368 con un peso promedio de 62 gramos de color de cascarón marrón (Lohmann, 2013).

- Isa Brown. - Esta ponedora está presente en todas las partes del mundo desde hace más 30 años debido a su eficacia al producir un mayor número de huevos con alta calidad, su principal característica es la de adaptarse a todos los ambientes y climas. Según (General Afitex, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética Isa, con un plumaje predominante marrón, el periodo de puesta de 18 a 90 semanas, numero de huevos alojada entre 409 con un peso promedio de 62.9 gramos de color de cascara marrón (General Afitex, 2018).
- Dekalb White. - Esta ponedora es considerada campeona por producir un mayor número de huevos con alta calidad, su principal característica es ser tranquila tanto en jaulas y como en sistemas alternativos, adaptables a todos los ambientes y climas. Según (General Afitex, 2018), las características de esta ponedora son: tiene similitudes con la línea genética Isa, con un plumaje predominante Blanco, el periodo de puesta de 18 a 90 semanas, numero de huevos alojada entre 413 con un peso promedio de 63.1 gramos de color de cascara blanco (General Afitex, 2018).
- Blanca. - Es también llamada Leghorn, ponedora rentable y productiva por su mayor número de huevos y menor consumo de alimento, su principal característica es ser ligera, su espectacular cola abierta como un abanico. Según (Granja Santa Isabel, n.d.), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 300 anuales con un peso promedio de 55 a 63 gramos de color de cascarón blanco (Granja Santa Isabel, n.d.).

- Sussex. - Ponedora popular por sus cualidades como buena puesta y belleza, su principal característica es ser dócil y óptima con la variedad de climas. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 280 anuales con un peso mínimo de 55 gramos de color de cascarón marrón (Certified Humane B, 2018).
- Roja. - Es también llamada rubia, morena, roja o marrón, ponedora industrial muy popular por gran rusticidad, excelente puesta y gran tamaño de huevo, su principal característica es ser semipesado y de carácter dócil. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 300 anuales con un peso promedio de 55 a 63 gramos de color de cascarón marrón (Certified Humane B, 2018).
- Negra. - Ponedora industrial exitosa en la gama rural, dicha ave tiene un plumaje denso con un buen sistema inmunológico, su principal característica es ser semipesado más rusticas que las ponedoras industriales y con una puesta algo inferior. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante negro, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 290 anuales con un peso promedio de 62 gramos de color de cascarón crema, blanco y verde (Certified Humane B, 2018).

- Negra Nevada. - Es también llamada rubia, morena, roja o marrón, ponedora muy popular por su excelente puesta y por el gran tamaño de huevo, su principal característica es ser ligera y de carácter dócil ideal para avicultura de traspatio. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante negro con collar blanco, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 299 anuales con un peso promedio de 62 gramos de color de cascarón crema, blanco y verde (Certified Humane B, 2018).
- Barrada. - Es también llamada jabada franciscana, pedresa, loriga o amóchala, ponedora industrial muy popular por su gran rusticidad y gran tamaño de huevo, su principal característica es ser pesada y óptima para la crianza doméstica en sistemas alternativos. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante rayado colores blanco y negro, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 280 anuales con un peso promedio de 63 gramos de color de cascarón blanco, crema y verdes (Certified Humane B, 2018).
- Cuello Pelado. - Ponedora popular por su cuello pelado y por producir pequeño tamaño de huevo, su principal característica es ser semipesada y óptima con la variedad de colores de los huevos. Según (Certified Humane B, 2018) las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante rayado colores blanco y negro con un cuello descubierto, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 130 a 160 anuales con un peso promedio de

55 gramos de color de cascarón blanco, crema y verdes (Certified Humane B, 2018).

- Isazul. - Ponedora popular por sus cualidades como buena puesta, rusticidad y belleza, su principal característica es ser ligera y óptima con la variedad de colores de los huevos. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 299 anuales con un peso promedio de 62 gramos de color de cascarón blanco, crema y verdes (Certified Humane B, 2018).
  - Isazul morisca. - Ponedora popular por sus cualidades como buena puesta, rusticidad y belleza, su principal característica es ser ligera y óptima con la variedad de colores de los huevos. Según (Certified Humane B, 2018), las características de esta ponedora son: línea genética nacional o también llamada criolla, con un plumaje predominante multicolor, el periodo de puesta de 18 a 80 semanas, numero de huevos 290 anuales con un peso promedio de 62 gramos de color de cascarón blanco, crema y verdes (Certified Humane B, 2018).
2. Temperatura. – Indicador muy útil para la crianza de aves, ya que el animal depende de la temperatura ambiental para mantener la temperatura corporal óptimo. Si la temperatura disminuye, también lo hará la temperatura corporal del ave. Asimismo, si aumenta la temperatura medioambiental, también aumentara la temperatura corporal. Por lo tanto, demasiado frio o calor pueden resultar en un pobre crecimiento, una mala conversión alimenticia y mayor susceptibilidad a enfermedades (Real Escuela de Avicultura MEDIA, 2019).

3. Tiempo de vida. - Factor muy importante en donde la fecha de nacimiento de las aves es principal para establecer las semanas de edad y el consumo de gramos por ave. Asimismo, si la semana aumentan, también aumentara el consumo de gramos al día y cambiara las proporciones nutricionales. Por lo tanto, demasiado o poco alimento pueden resultar en un pobre crecimiento y mayor delicadeza a enfermedades (Real Escuela de Avicultura MEDIA, 2019).
4. Fases de Producción. – Elemento importante a tomar en cuenta debido a que cada especie posee diferente tiempo de duración en cada una de las fases. En la Figura 3 se puede visualizar que existen varias fases en las aves ponedoras como: Inicio, crecimiento, desarrollo, prepostura y postura (Llvisaca, 2011). A continuación, se detallan dichas fases.

### Figura 3

*Fases de producción de las aves ponedoras.*



*Nota:* En esta figura se muestra las fases de producción de las aves ponedoras. Tomado de: (Arias & Lomas, 2013).

- La fase de Inicio. - en esta fase el ave comienza a desarrollar el aparato digestivo, el sistema inmune madura y se crea la flora intestinal para todo esto el ave necesita altas cantidades de proteína (Llvisaca, 2011).

- La fase de crecimiento. - aquí el desarrollo del aparato digestivo está mejor desarrollado, el ave es capaz de consumir los nutrientes de los alimentos (Girón, 2017).
- La fase de desarrollo. - en esta etapa el sistema digestivo es totalmente maduro y los nutrientes son aprovechados adecuadamente. Se recomienda preparar dietas con proteínas bajas, fibra equilibrada para permitir el desarrollo de la molleja y del buche (Girón, 2017).
- La fase de pre-postura. - en esta etapa el hueso medular comienza a formarse y actuar como contenedor de calcio con la finalidad de acostumbrar a la puesta del huevo, se debe de considerar los niveles de fosforo y calcio para la alimentación (Llvisaca, 2011).
- La fase de Postura. - en esta etapa la nutrición cambia enormemente, el crecimiento se vuelve lento y el ave aumenta las necesidades nutricionales para la generación del huevo, se recomienda una temperatura al clima de la zona y que no exista estrés para el animal (Girón, 2017).

#### **2.1.5. Componentes Nutricionales Avícolas (aves ponedoras).**

Las dietas de las aves de corral se formulan a partir de una mezcla de ingredientes o productos, los cuales son denominados como componentes nutricionales (Mantilla & Mejía, 2014). Dichos ingredientes conllevan un análisis y un costo, afectando a la producción avícola por el desperdicio y la forma ineficaz de utilizarlos (FAO, 2001).

A continuación, se listan los componentes utilizados en la nutrición de aves ponedoras como: 1) Maíz, 2) Soya, 3) Afrecho, 4) Carbonato de Calcio, 5) Polvillo, 6) Fosfato, 7) Aceite, 8) Sal, 9) Atrapado MILBOND, 10) Vitamina Broyler, 11) Acido, 12) Metionina, 13) Promotor BMD, 14) VEGPRO, 15) Colina, 16) ENZYMAS SF, 17) Vitamina Ponedora y 18) Harina de Pescado (FAO, 2001).

1. Maíz. - Nombre científico es *Zea Mays L* es uno de los productos más producidos en el Ecuador, este producto compone un alimento muy completo por su aporte de numerosos elementos nutritivos y energéticos, es el grano más barato utilizado en granjas avícolas (Gallina Castellana Negra, 2020).
2. Soya. - Fuente de proteína para crianza de animales por su contenido proteico alto, aminoácido bueno, su digestibilidad alta y bajo costo a diferencia de otras fuentes proteicas (MAIZSOYA, 2018).
3. Afrecho. - Restos de molienda de los cereales, este componente proporciona grasas, vitaminas, fibras y minerales, además evita el estreñimiento y otros problemas de digestión (Fernández, 2014).
4. Carbonato de Calcio. - Mineral esencial en la alimentación de aves porque ayuda con la buena calidad del cascaron, además es suplementario ya que la mayoría de granos contienen niveles bajos (Vera & Pinargote, 2012).
5. Polvillo. - Subproducto del arroz con alto en contenido proteico y carbónico, este componente es bueno para el proceso de digestión que realizan el ave (ROSALES-CONDE & TANG, 2006).
6. Fosfato. - Aditivo para cuando el aporte dietético es inadecuado, además mejora la calidad del cascaron y ayuda con enfermedades de raquitismo u osteomalacia (Guillermo Díaz Arango, 2012).
7. Aceite. – Componente fundamental porque ayuda con la limpieza intestinal, apoya al control de bacteria, provoca heces más secas, además mejora la eficiencia de engorde e incrementa a la producción de huevos (Madrid-Garcés et al., 2018).

8. Sal. - Componente inorgánico e indispensable pero el exceso puede llegar a ser toxico y ocasionar enfermedades intestinales. También es una forma segura para reducir la contaminación bacteriana (Bueso, 2011).
9. Atrapado MILBOND. - Producto destinado para todas las especies de animales domésticos y utilizado para asegurar la calidad toxicológica del alimento, un ayudante para la descontaminación de la materia prima utilizada. Su composición es de sodio, calcio hidratado (Medicinas Veterinarias, 2019).
10. Vitamina Broyler. – Producto diseñado para brindar a las aves un nutriente que cumpla los requisitos nutricionales de acuerdo a su etapa de producción (TADEC, n.d.).
11. Acido. – Producto químico que emite iones de hidrógeno en el agua y forma sales cuando se combina con ciertos metales. Los ácidos tienen un sabor agrio y ayuda a los órganos a funcionar correctamente (NIH, 2019).
12. Metionina. – Producto que sirve para el desarrollo tracto digestivo y el rendimiento del crecimiento. Su principal característica es la función de aumentar la masa muscular, el desarrollo de plumas y mejorar la producción de huevos en las aves de corral (MIPROMA, 2017).
13. Promotor BMD. – Es un aditivo que actúa de manera selectiva inhibiendo el desarrollo de bacterias patógenas, permitiendo el establecimiento de la microflora benéfica del ave (Engormix, 2021).
14. VEGPRO. – Complejo enzimático destinado a mejorar la utilización de los nutrientes de fuentes proteicas de origen vegetal que se usan en dietas de aves y cerdos. Su principal característica es aumenta la digestibilidad de la proteína (Pecuarios, 2000).

15. Colina. – Nutriente esencial soluble en agua que beneficia a la salud y al desarrollo metabólico. La cantidad de colina depende de su edad y de su sexo del ave (NIH, 2016).
16. ENZYMAS SF. – Proteína formada por aminoácidos covalentemente unidos entre sí, que catalizan en los organismos una gran variedad de reacciones químicas. La actividad catalítica de las enzimas depende de que mantengan adecuadamente la estructura corporal (Carbonero, 2000).
17. Vitamina Ponedora. – Producto que contiene vitamina D, promueve el crecimiento y el desarrollo del ave. Su principal característica es mejorar la tasa y prolongar el pico de la producción de huevo (Real Escuela de Avicultura, 2021).
18. Harina de Pescado. – Suplemento alimentario con alto contenido en proteínas para la alimentación de animales y que se consigue cocinando, prensando, secando o reduciendo pescado o marisco (Cabello et al., 2013).

### **2.1.6. Cálculos Nutricionales (AVES).**

En las granjas avícolas se realizan varios cálculos nutricionales, siendo el más representativo la predicción o generación de una ración balanceada la cual permite satisfacer las necesidades diarias de nutrientes que necesita un animal (María Gabriela Castellanos, 2016). Lo que permite ayudar al avicultor a conocer el total de libras diarias de suministro avícola con la finalidad de no desperdiciar alimento.

En la Ecuación 1 se muestra como calcular la cantidad de consumo diario en libras ( $cantidad_{consumo\ lb}$ ), para dicha fórmula se necesita conocer tres aspectos, el primero es el número de aves que se tiene que alimentar a diario ( $cantidad_{aves}$ ), esta cantidad se obtiene mediante conteo tradicional, el segundo es el promedio del consumo diario ( $gramos_{consumo\ ave}$ ), el cual está dado por las semanas de vida como se observa y por último la transformación para obtener libras que es (2.22/1000) (Nutricion A, 2015).

**Ecuación 1**

*Fórmula para calcular el consumo diario de alimento necesario.*

$$cantidad_{consumo\ lb} = \frac{gramos_{consumo\ ave} \times cantidad_{aves} \times (2.22)}{1000} \quad (1)$$

*Nota:* En esta ecuación se muestra la fórmula para calcular el consumo diario de alimento necesario para suministrar a un grupo de aves. Tomado de: (Nutrición A, 2015).

Bajo este contexto se detallan las semanas de vida y el consumo diario por ave recomendado que se tomaran en cuenta durante el proceso de elaboración de esta investigación, a continuación, se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Semanas y consumo diario por ave.*

<b>Semanas</b>	<b>Consumo diario por aves (gramos)</b>
1	13
2	20
3	25
4	29
5	33
6	37
7	41
8	46
9	51
10	56
11	61

<b>Semanas</b>	<b>Consumo diario por aves (gramos)</b>
12	66
13	70
14	73
15	75
16	77
17	79
18-21	82-89
22-24	95-99
25-29	100-110
30-50	120
51-90	115

*Nota:* En esta tabla se muestra las semanas y el consumo diario que necesita por ave.

## **2.2. Software.**

El software es un elemento no físico es decir es lógico, desarrollado para facilitar el manejo de la información, creado por un equipo de personas especializadas en software con el propósito de que esta herramienta sea ejecutada dentro de un aparato electrónico para cumplir una determinada función (Pressman, 2002).

Además, cabe destacar que el software no se desgasta, pero si necesita de mantenimiento, hoy en día todas las personas utilizan un software ya sea para informarse o para comunicarse (José & Peñalvo, 2019).

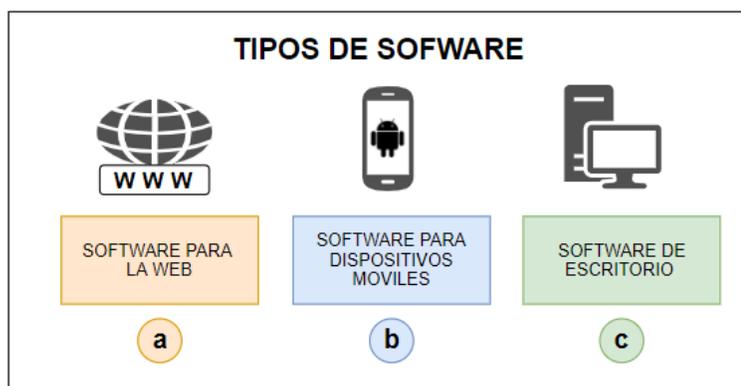
### 2.2.1. Tipos de Software.

Actualmente existen una infinidad de aparatos electrónicos que utilizan software, cada uno con características y funcionalidades diferentes, debido a esta razón se debe analizar los tipos de software (Sánchez, 2012).

En la Figura 4 se puede visualizar los tres tipos de software más representativos: a) software para la web, b) software para dispositivos móviles y c) software de escritorio. A continuación, se detalla de manera general cada uno de estos (Sánchez, 2012):

**Figura 4**

*Tipos de software*



*Nota:* En esta figura se muestra los diferentes tipos de software existentes. Tomado de: (Sánchez, 2012).

- a. Software para la web son aquellos programas en donde el usuario utiliza un navegador para acceder al programa. En este tipo de aplicativos son muy prácticos debido a que no existen problemas de compatibilidad, las actualizaciones son inmediatas y no consumen espacio en el disco duro (Maldonado, 2016).
- b. Software de escritorio en estos aplicativos la computadora es una herramienta importante para la ejecución del programa, permitiendo solucionar problemas utilizando los recursos de la computadora, sin importar la conexión con el internet, teniendo como beneficio el poder

calcular, comparar, capturar y guardar la información dentro de la misma computadora y así tener la seguridad pertinente (Laudon, n.d.).

- c. Software para dispositivos móviles este tipo de software están compuestos por un conjunto de programas que permiten la ejecución sobre un dispositivo móvil dependiendo de la necesidad del usuario y el área para la cual fue desarrollada. Una cualidad importante es poder llevar estos aplicativos a cualquier lugar de una forma más sencilla (Martínez & Campoy, 2011).

### 2.2.2. Software Móvil.

Aplicativos que estuvieron presentes en celulares durante todo el tiempo, incluso en teléfonos con sistemas operativos de Nokia o BlackBerry, actualmente todo Smartphone contiene por lo menos una aplicación de este tipo (Cabrera & Espinoza, 2016).

A medida que los aparatos electrónicos fueron evolucionando se consolidaron pocos sistemas operativos. En la Figura 5 se puede visualizar los sistemas operativos móviles más utilizados actualmente: 1) Android, 2) iOS y 3) Windows Phone (Auz, 2016). A continuación, se detallan dichos sistemas operativos móviles:

#### Figura 5

*Sistemas operativos para dispositivos móviles*



*Nota:* En esta figura se muestra los tipos de sistemas operativos móviles. Tomado de: (Sánchez, 2012).

1. Android. - uno de los sistemas operativos más beneficiosos que existen por ser de código abierto lo que le permite estar disponible para su utilización en infinidad de dispositivos. Además, cabe destacar que utiliza el Kernel de Linux facilitando a los desarrolladores de aplicaciones el diseño e implementación de las mismas (Auz, 2016).
2. IOS. - sistema operativo utilizado por la empresa Apple, el cual tiene inconveniente debido a que no permite al usuario modificar ninguna característica interna del sistema más que las proporcionadas en las opciones de ajuste. Este sistema operativo es de código cerrado, tampoco se licencia a terceros, es único para celulares iPhone, pero su seguridad es susceptible a virus (Cabrera & Espinoza, 2016).
3. Windows Phone. - sistema operativo denominado antiguamente como Windows Mobile fue desarrollado por la empresa internacional Microsoft, permite simular las versiones de escritorio de Windows de manera gráfica. Además, es importante aclarar que es de código cerrado lo que dificulta a los desarrolladores de aplicaciones el diseño e implementación de aplicativos. Siendo su ventaja en buen manejo de la seguridad principalmente en lo que a virus informáticos se refiere (Alvarado & Ricardo, 2015).

### **2.2.3. Desarrollo del Software.**

Disciplina que estudia los componentes necesarios para la creación, gestión, mantenimiento y testeo del software. Además, dichas actividades necesitan seguir una serie de pasos, los cuales ayudan a la consecución del software de manera más fácil y correcta (Leontiev, 1983).

Los cuatro componentes necesarios para el desarrollo de software son los siguientes: Ciclo de vida, Proceso, Metodología y Herramientas. A continuación se describen dichos componentes (Leontiev, 1983).

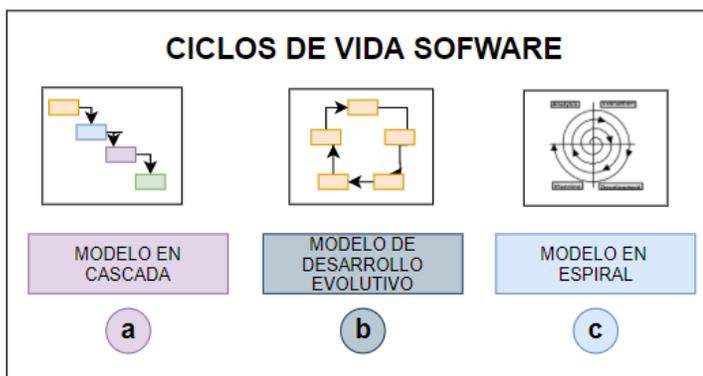
#### 2.2.4. Ciclo de vida del Software.

Representación abstracta de un proceso que se debe seguir para el desarrollo de un aplicativo, distintos equipos de desarrollo pueden utilizar diferentes modelos de proceso software para producir el mismo tipo de sistema. Lo cual dependerá de experiencia del desarrollador y de las características del aplicativo a construir permitiendo obtener productos de mejor calidad (Matem, 2011).

En la Figura 6 se puede observar los más importantes y utilizados modelos de vida software. A continuación, se detallan dichos modelos.

**Figura 6**

*Ciclos de vida software.*



*Nota:* En esta figura se muestra los ciclos de vida software. Tomado de: (Matem, 2011).

- a. Modelo en cascada. - primer modelo de desarrollo software, el cual contempla varias actividades, las cuales son secuenciales y fundamentales para el desarrollo de aplicativos. Desde un enfoque de ingeniería de software dichas etapas son las siguientes: análisis, diseño, pruebas, implementación y mantenimiento del sistema informático (Molano Cetina, 2011).

- b. Modelo de desarrollo evolutivo. – denominado con el nombre de Prototipado, se caracteriza por minimizar el riesgo en desarrollo debido a que las especificaciones se realizan de forma creciente hasta llegar a un programa funcional ejecutable (Matem, 2011).
- c. Modelo en Espiral. - modelo que fue propuesto el ingeniero informático Barry Boehm en el año de 1978 teniendo como propósito recopilar las ventajas de los modelos de proceso software en cascada y de prototipado. Dicho modelo asemeja su forma a una espiral en donde cada vuelta representa cada una de las fases del proceso de desarrollo software, su enfoque está organizado en las siguientes cuatro partes: 1) definición de objetivos, 2) evaluación de riesgos, 3) desarrollo de validaciones y 4) planificación de actividades (Molano Cetina, 2011).

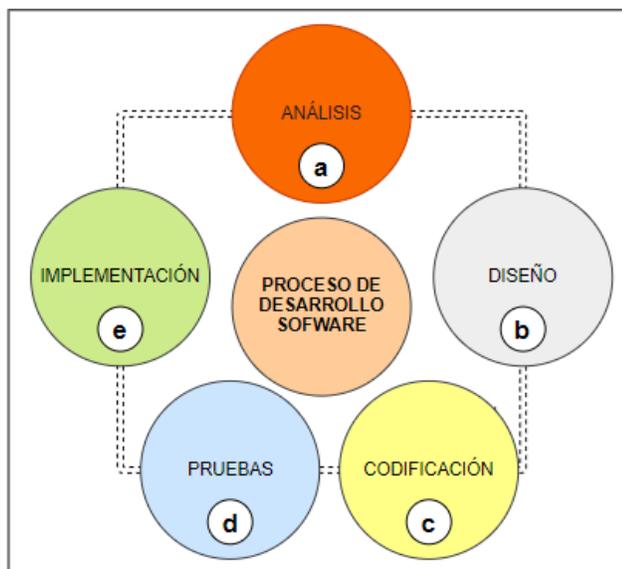
### **2.2.5. Proceso de Desarrollo Software.**

Proceso que está enfocado en el desarrollo software, el cual divide sus actividades de trabajo en distintas fases, las cuales permiten mejorar el diseño y gestión del proyecto (Sommerville, 2011).

En la Figura 7 se puede visualizar las cinco etapas que conforman el proceso de desarrollo software: a) Análisis, b) Diseño, c) Codificación, d) Pruebas y e) Implantación. A continuación, se detalla cada uno de dichas etapas:

**Figura 7**

*Proceso de desarrollo software.*



*Nota:* En esta figura se muestra los procesos de desarrollo software. Tomado de: (Sommerville, 2011).

### **a. Análisis.**

Primera etapa en el ciclo de desarrollo de software, la cual aplica técnicas de levantamiento de requerimientos para tener un desarrollo seguro con estimaciones de tiempo y cumpliendo con los requisitos del cliente (Mayerly, 2019). Además, cabe mencionar que en esta etapa se obtienen definiciones claras que permiten obtener información correcta y precisa, es decir sin ambigüedad. Gracias al proceso interactivo y cooperativo de análisis se lleva a cabo la documentación, la cual permite abstraer las observaciones realizadas en una variedad de formatos que verifican la exactitud de las necesidades requeridas por los usuarios finales (Parra Urrea, 2013).

### **b. Diseño.**

Etapa sumamente importante ya que permite tener una referencia abstracta sobre el aplicativo a desarrollar utilizando modelos o entidades. En esta etapa se implementa todos los requisitos explícitos obtenidos en la etapa anterior (etapa de análisis), generando una guía que permite al desarrollador obtener una idea clara del software a

producir (Leontiev, 1983). A continuación, se describen los distintos tipos de diseño, siendo tres los más destacados:

1. Diseño de datos. - modelo que permite estructurar un conjunto de datos con la finalidad de ahorrar espacio, aligerar el procesamiento y preservar la precisión e integridad de los mismos (Gómez, 2000).
2. Diseño arquitectónico. - modelo que permite definir las relaciones existentes entre los elementos estructurales que componen el sistema a ser desarrollado, identificando las conexiones existentes y el flujo de los datos (voigtmann, 2005).
3. Diseño de interfaz. - modelo que describe detalladamente como el software interactúa y se comporta al momento de ser manejado por los usuarios finales que lo utilizarán. Dicho modelaje se lo puede realizar a través de ambientes gráficos con la finalidad de obtener un primer prototipo con interacción atractiva (Gómez, 2000).

### ***c. Codificación.***

Etapa más importante del trabajo de ingeniería de software, debido a que se procede a reunir la documentación generada en las etapas anteriores con la finalidad de seleccionar el o los programas necesarios (Leontiev, 1983).

La complejidad y la duración de esta etapa está íntimamente relacionada a los lenguajes de programación utilizados, así como también a la calidad del diseño previamente realizado (Monge Acuña, 2015).

La principal prioridad de esta fase es tener en cuenta el lenguaje a emplear, aunque en el diseño ya está de alguna forma implícito. Actualmente la tendencia es utilizar un lenguaje de alto nivel debido a la existencia de compiladores mucho más eficientes y sencillos de utilizar, permitiendo a los programadores a pensar más cerca de su propio nivel que del de la máquina. Como contrapartida este tipo de lenguajes son

más difíciles de aprender y los programadores suelen ser conservadores y reacios a aprender nuevos lenguajes (Zumba & León, 2018).

#### ***d. Pruebas.***

Etapa crítica que permite evaluar la garantía de la calidad del software, su objetivo es comprobar la eficiencia del producto desarrollado, descubriendo y previniendo posibles errores que lamentablemente no fue previsto en las fases iniciales (Fernando, 2018). Cabe mencionar que la realización de la prueba es una tarea primordial y mandataria debido a que buscan demostrar que un programa realiza las funciones indicadas correctamente, da consistencia en resultados y salva los costos a la hora de desarrollar los objetivos propuestos (Escobar-Sánchez & Fuertes-Díaz, 2015).

#### ***e. Implementación.***

Etapa importante que permite la transición de una capa abstracta a una capa más concreta y real (voigtmann, 2005). Fase donde el software es expuesto en un ambiente de producción real permitiendo que los usuarios o clientes finales establezcan si el aplicativo desarrollado ha cumplido con el propósito para el cual fue desarrollado (EcuRed, 2014). Para lo cual se requiere descubrir lo posibles errores existentes siendo los más importantes aquellos de alto riesgo es decir los que conllevarían un alto grado de cambio en etapas previas como las fases de análisis de requerimientos y de diseño. Lo cual conllevara un alto costo de tiempo y de recursos pudiendo hacer que equipo de desarrollo fracase y con esto el proyecto en desarrollo (Leontiev, 1983).

### **2.2.6. Metodología de Software y Técnica Mobile-D.**

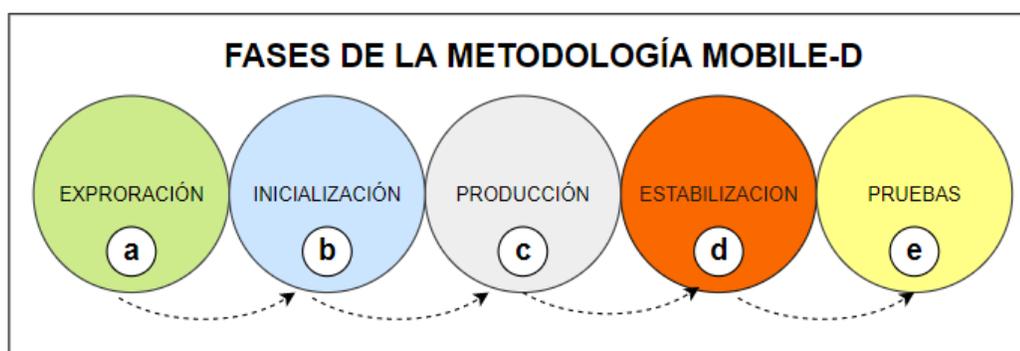
La metodología de software es un marco de trabajo usado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo en sistemas de software, es una herramienta que impone un proceso disciplinado sobre el desarrollo de software con el fin de hacerlo más predecible y eficiente (Sommerville, 2011). Su principal objetivo es aumentar la calidad del software en cada una de las fases de desarrollo. Además, cabe mencionar que cada metodología se debe adaptar a las características de cada proyecto permitiendo así que los procesos sean configurables (EcuRed, 2019b).

La técnica Mobile-D es una metodología basada en desarrollo interactivo incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto (Muñoz, 2020). Además, se caracteriza por utilizar técnicas ágiles que permiten el desarrollo de aplicaciones móviles y programas pequeños, los cuales abarcan poco tiempo y menores recursos ya sean personales o financiero (Leyva et al., 2016).

En la Figura 8 se puede visualizar las cinco fases que conforman la presente metodología (estructura- Mobile-D): a) Exploración, b) Iniciación, c) Producción, d) Estabilización y e) Pruebas. A continuación, se detalla cada uno de dichas fases (L. A. López, 2017):

### Figura 8

*Fases de la metodología Mobile-D.*



*Nota:* En esta figura se muestra las fases de la metodología Mobile-D. Tomado de (L. A. López, 2017).

- a. Fase de Exploración. - Se define conceptos básicos para establecer el alcance y las funcionalidades del proyecto.
- b. Fase de Inicialización. - Se identifica los recursos necesarios para el desarrollo de la aplicación.
- c. Fase de Producción- Se genera código hasta implementar todas las funcionalidades del proyecto.
- d. Estabilidad. - Se llevan a cabo las acciones de integración para asegurar que el sistema esté completo y funcional.

- e. Pruebas. - Se verifica que se han cumplido con los requerimientos, realizando pruebas unitarias en donde inspecciona los tiempos de respuestas y accesos.

### **2.2.7. Herramientas para el desarrollo de software.**

Instrumentos que facilitan la realización de tareas específicas y que a la vez potencian la capacidad productiva humana de generar código fuente (software). Existe infinidad de las herramientas para el desarrollo software siendo las más conocidas e utilizadas cuatro de estas (Deborah, 2015). A continuación, se detallan cada una de estas:

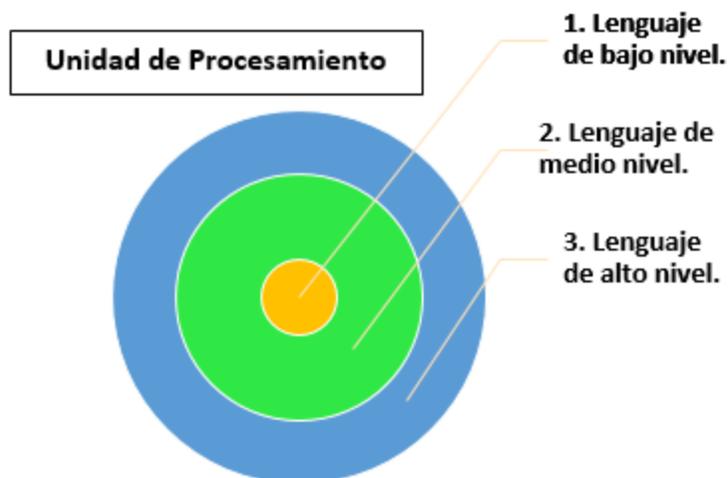
#### ***a. Lenguaje de Programación.***

Concepto difícil de precisar es decir no se puede definir de manera exacta, un enfoque que podría ser utilizado es la traducción de instrucciones a un código fuente que será entendido y utilizado por un computador u ordenador. Además, puede ser considerado como una herramienta que controla la parte lógica y física de una máquina (EcuRed, 2019b).

En la Figura 9 se puede observar las tres calificaciones que se les puede dar a los tipos de lenguaje de programación: 1) Lenguaje de bajo nivel, 2) Lenguaje de medio nivel, y 3) Lenguaje de alto nivel. A continuación, se detalla cada uno de dichos tipos de lenguaje (Informatica IV, n.d.).

## Figura 9

*Clasificaciones de los lenguajes de programación.*



*Nota:* En esta figura se muestra las clasificaciones de los lenguajes de programación. Tomado de (Informática IV, n.d.).

1. Lenguaje de bajo nivel. - Diseñado para obtener el potencial de un hardware específico generalmente presenta como principal desventaja la imposibilidad de exportar o migrar hacia otros ordenadores o dispositivos. Actualmente el más utilizado es el denominado como lenguaje de ensambladores, el cual se caracteriza por permitir solamente la utilización de código binarios (1 o 0) y su ejecución es directa con la unidad de procesamiento del computador (Techlib, 2020).
2. Lenguaje de nivel medio. - Lenguaje que se ubica entre los lenguajes de bajo nivel y alto nivel. Su principal característica es permitir operaciones de alto nivel es decir los algoritmos son expresados de una manera adecuada a la capacidad cognitiva humana. Actualmente uno de los más utilizados es el denominado lenguaje C++, el cual permite el uso de apuntadores que son muy útiles en la implementación de algoritmos de búsqueda. Su principal

ventaja es el alto rendimiento debido a que realiza llamadas directas al sistema operativo (Parkeadores, n.d.).

3. Lenguaje de alto nivel. - Considerado como un lenguaje más universal, su principal ventaja es su habilidad para emplearse en múltiples arquitecturas de hardware. Actualmente uno de los más utilizados es el denominado Python por ser orientado a objetos, permitir programación interactiva y funcional es decir es multipropósito, dinámico y multiplataforma. Además, se caracteriza ser de código abierto (libre distribución - libre uso) facilitando su uso y el diseño de aplicaciones. Así como también la ventaja de disponer de una variedad de librerías, múltiples funciones incorporadas y la capacidad de trabajar con enormes cantidades de datos permitiendo a los desarrolladores de software simplificar su trabajo (Python Software Foundation, 2001).

#### ***b. Framework- KIVY***

Marco o estructura conceptual utilizada por desarrolladores de aplicaciones dicha herramienta agiliza el proceso de desarrollo siendo sus seis principales características las siguientes: 1) Evita escribir código de forma repetitiva, 2) Poseen estándares y buenas prácticas, 3) Consistencia en su codificación, 4) Reduce el tiempo de desarrollo 5) Desarrollo colaborativo y 6) Proporciona seguridad en el desarrollo de sus aplicaciones (EcuRed, 2019a).

Cabe destacar que KIVY es un Framework recomendable al momento de utilizar como lenguaje de programación Python por soportar una enorme cantidad de dispositivos de entrada, así como su flexibilidad de ensamble es decir es multiplataforma se puede utilizar en aplicaciones orientadas a Linux, Windows, OS X, Android e iOS (Herreros & Monteagudo, 2018). Además, se caracteriza por ser de código abierto, desarrollo de aplicaciones con grandes funcionalidades e interfaces amigables, generación de prototipos de manera ágil con diseños inteligentes (código

reutilizable y fácil de entender) y por poseer documentación(guías-ejemplos) para su correcta utilización (Community Kivy, 2012).

### ***c. Plataformas de almacenamiento de información - Firebase.***

Las herramientas de almacenamiento de información son utilizadas para recopilar información de forma ordenada y segura a través de la nube (internet – proveedor informático) generando agilidad y durabilidad en el acceso de dicha información permitiendo un acceso inmediato y oportuno en cualquier momento (RedHat, 2016). Cabe destacar que dichas plataformas son más sencillas y eficaces de utilizar facilitando el almacenamiento y la administración de los datos (Amazon, 2016). Otro aspecto importante a considerar es la generación de reportes o consultas en diversos dispositivos de software de forma eficiente y eficaz (Tecnología informática, 2019) (Amazon, 2016).

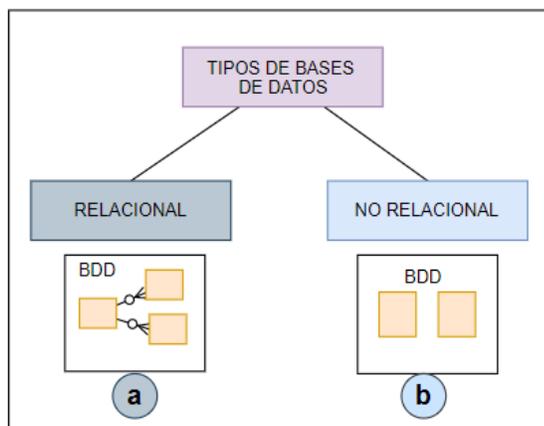
Firestore es una plataforma de almacenamiento de Google que permite gestionar aplicaciones de forma rápida sus principales características son: 1) uso y soporte gratuito, 2) compatible para múltiples plataformas 3) trabaja con una base de datos NoSQL, 4) utiliza un lenguaje flexible y escalable, 5) facilita el trabajo a los desarrolladores de software y 6) posee sincronización en tiempo real lo que permite que sus usuarios compartan una misma instancia y actualicen automáticamente su información (datos más recientes) (Firestore, 2020).

Un elemento indispensable de las plataformas de almacenamiento son las bases de datos o también denominados bancos de datos (BDD), los cuales están estructurados por un conjunto de datos (antecedentes pertenecientes a un mismo contenido) que son almacenados ordenadamente para su posterior recuperación y utilización (Raffino M. E., 2020).

En la Figura 10 se puede ver los dos tipos de bases de datos: a) relacionales y b) no relacionales. Cada una de estas herramientas están diseñada para atender características y necesidades especiales de acuerdo a los inconvenientes y problemática a solucionar. A continuación, se describe dichos tipos de base de datos (Cordova & Cuzco, 2013).

## Figura 10

*Tipos de bases de datos.*



*Nota:* En esta figura se muestra los tipos de bases de datos. Tomado de (Cordova & Cuzco, 2013).

- a. Bases de datos Relacionales. - Actualmente este tipo de bases de datos son utilizados con mayor frecuencia a nivel digital, caracterizándose por trabajar a través del lenguaje estructurado de consultas (Structured Query Language) o más conocido por su abreviatura SQL. Dicho lenguaje es de tipo declarativo que permite realizar consultas de gran alcance (Mora Rioja, 2014). Sus principales ventajas son: integridad, concurrencia y seguridad de los datos (GRAPH EVERY WHERE, 2019). Siendo las más utilizadas las siguientes: MySQL, Oracle, SQL Server y PostgreSQL (Cordova & Cuzco, 2013).
- b. Bases de datos No relacionales. - Bases de datos que trabajan con un lenguaje no relacional sus principales ventajas son la funcionalidad y rendimiento que brindan al momento de realizar el desarrollo de aplicaciones de software debido a que sus consultas son más rápidas que las bases de datos relacionales (GRAPH EVERY WHERE, 2019). Se caracterizan porque la información se organiza y se almacena en

documentos, convirtiéndolas en más versátiles y flexibles al momento de la generación de consultas o informes. Empresas como Microsoft, Google y Amazon ofrecen servicio de almacenamiento con este tipo de base de datos haciendo que las aplicaciones de software que las utilizan sean más modernas y versátiles (Cordova & Cuzco, 2013).

Bajo estos contextos se detallan una comparativa entre base de dato relacional y no relacional que se tomaran en cuenta durante el proceso de elaboración de esta investigación. A continuación, se describe en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Comparativa entre base de dato relacional y no relacional.*

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>BASE DE DATOS RELACIONAL</b>	<b>BASE DE DATOS NO RELACIONAL</b>
Desempeño	Bajo	Alto
Disponibilidad	Bajo	Alto
Almacenamiento	Medio	Alto
Escalabilidad	Alto	Alto
Rapidez	Media	Alto
Costos	Alto	Bajo
Compatibilidad	Alto	Bajo
Soporte	Alto	Bajo
Seguridad	Alta	Medio

*Nota:* En esta tabla se muestra la comparativa entre base de datos relacional y no relaciona.

#### **d. Estándares Software.**

Se puede definir como la interpretación clara de un modelo, criterio, regla de medida con el fin de asegurar la calidad. Los estándares señalan el comportamiento esperado y deseado que se utiliza como guías para evaluar un funcionamiento y la mejora continua (J. León, 2000).

IEEE es el instituto más grande de mundo, fundado en 1884 por Ingenieros en Electricidad, Eléctrica y Electrónica. Dicho instituto cuenta con más de 360.000 miembros de 175 países con especialidad en eléctrica, computacional y tecnología, anualmente tiene casi de 900 estándares activos con 700 bajo desarrollo (TechLib, n.d.).

Los estándares IEEE son importantes debido a que agrupan lo mejor y más apropiado de las prácticas de desarrollo software, proporcionando un marco para la implementar procedimiento de aseguramiento de la calidad (Aguayo, 2014). A continuación, se detallan los estándares más utilizados para el desarrollo software.

1. IEEE-830.- El principal objetivo es describir con precisión los procesos que se llevan a cabo mediante un determinado software, además sirve de ayuda a los desarrolladores para interpretar con exactitud lo que el cliente desea. Una especificación de requisitos software forma parte de la documentación asociada al desarrollo, por tanto, se debe definir claramente los requerimientos. Esta documentación no describirá el diseño, ni la implementación, ya que los requisitos se deben describir para que el usuario pueda entenderlos y dar mayor flexibilidad a los desarrolladores para la implementación (Monferrer Agut, 2000).
2. IEEE-1471.- El principal objetivo es describir con precisión la arquitectura del sistema software, usando un número finito de vistas diferentes para representar los distintos aspectos que se requieren para capturar y transportar las decisiones significativas que han sido hechas sobre el

sistema. Además, sirve de ayuda a los desarrolladores para interpretar las funcionalidades y determinar el flujo de información dentro del sistema (J. González, 2009) .

3. IEEE-1008. – El principal objetivo es proporcionar directrices de orientación que ayude en la implementación y a realizar las pruebas de unidad del software (León Martínez et al., 2013).

Bajo estos contextos se detallan los estándares y su etapa de uso software que se tendrán en cuenta durante el proceso de elaboración de esta investigación. A continuación, se describe en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Estándar y etapa de utilización software.*

<b>ESTANDAR</b>	<b>ETAPA SOFTWARE DE UTILIZACIÓN</b>
IEEE-830	ANÁLISIS
IEEE-1471	DISEÑO
IEEE-1008	IMPLEMENTACION Y PRUEBAS

*Nota:* En esta tabla se muestra los estándares y sus etapas de utilización.

### **2.3. Inteligencia Artificial.**

La inteligencia artificial (IA) está ligada con la Ciencia de la Computación involucrando equipos software y hardware con el propósito de simular el comportamiento y comprensión humano (Malpica, 2008). Es decir, está dedicada a la emulación de los procesos cerebrales que envuelven a la inteligencia humana como la habilidad de adaptarse al entorno, tomar decisiones o realizar acciones de control, además de la capacidad de crecer y evolucionar a través del aprendizaje (M. C. López, 2014).

Esta ciencia puede estar enfocada en diferentes connotaciones, siempre dependiendo de la fuente tomada como referencia y del punto de vista del autor. Coincidiendo la mayoría de autores que su propósito es el estudio del comportamiento inteligente de los aparatos electrónicos (Malpica, 2008). Además, del ofrecer técnicas y herramienta que posibiliten que la maquina aprenda de la experiencia, se ajuste a nuevas aportaciones y realice tareas como seres humanos (SAS Institute Inc., 2019).

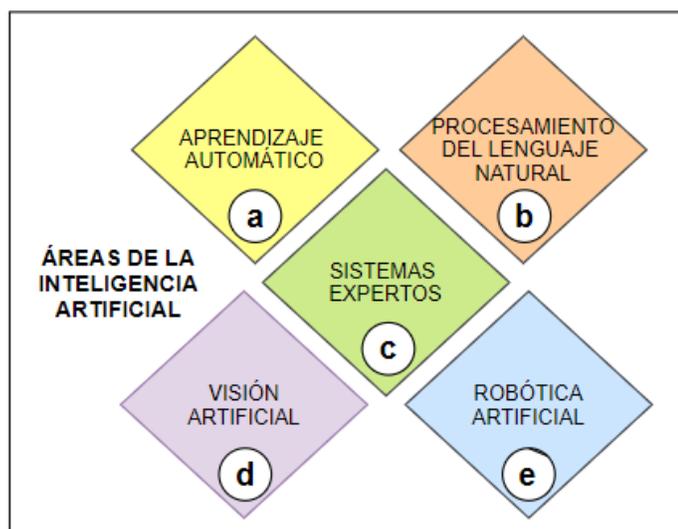
### 2.3.1. Áreas de la Inteligencia Artificial.

La aplicación de la IA posee distintas áreas estas se pueden dividir de acuerdo con el contenido de estudio o de acuerdo a las herramientas y técnicas utilizadas (Chicas et al., 2004).

En la Figura 11 se puede visualizar las áreas más utilizadas de la IA: a) Aprendizaje Automático, b) Procesamiento del lenguaje natural, c) Sistemas Expertos, d) Visión Artificial y e) Robótica Artificial. A continuación, se detallan dichas áreas (Moreno et al., 2004).

**Figura 11**

*Áreas de la inteligencia artificial.*



*Nota:* En esta figura se muestra las áreas de la inteligencia artificial. Tomado de: (Chicas et al., 2004).

- a. Aprendizaje Automático. - Conocido con el nombre de aprendizaje artificial debido a que es considerado como un agente autónomo que tiene la capacidad de realizar una tarea de varias maneras sin importar las circunstancias, aplicando aprendizaje inferencial sobre información que suministrada a sus algoritmos permitiendo resolver una problemática planteada (Moreno et al., 2004).
- b. Procesamiento del Leguaje Natural. - Manejo de lenguaje natural a través del uso de herramientas computacionales. Dichas herramientas están orientadas a determinar el proceso de interpretación y entendimiento del lenguaje humano, involucrando factores como el pensamiento, cognición, aprendizaje, personalidad, emociones, entre otros (Alulema, 2015).
- c. Sistemas Expertos. - Programas computacionales diseñados para emular la especialización de un humano en un determinado dominio sea este particular o este enfocado a un área de conocimiento específica, utilizando para esto información almacenada y métodos de inferencia (Alvarez Agreda, 2013).
- d. Visión Artificial. - Rama de la inteligencia artificial que tiene como característica principal emular la visión humana, a través de la abstracción de los elementos más relevantes de un objeto utilizando para esto una imagen con la finalidad de detectar errores o detectar peculiaridades intrínsecas de las formas (Lozano & Orduz, 2015).
- e. Robótica Artificial. - Área que permite imitar, computarizar y automatizar tareas humanas, una de sus utilidades más provechosas e importantes es el mejoramiento de la ineficiencia existente en ciertas áreas del ser humano al momento de realizar una determinada actividad o trabajo que sobrepasan su capacidad ya sea de manera física o mental (Urbano, 1994).

### 2.3.2. Aprendizaje Automático y Tipos de Aprendizaje.

Disciplina del campo de la Inteligencia Artificial que a través de algoritmos brinda a las máquinas la capacidad de identificar patrones en datos masivos para hacer predicciones que apoyen a la resolución de un problema específico (Peña, 2019).

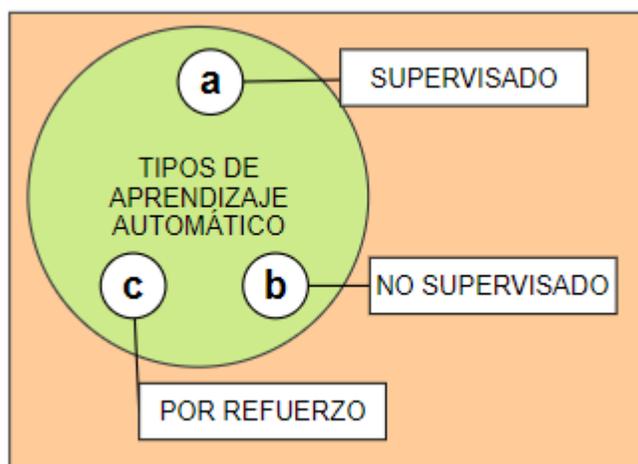
Conocida en la ciencia de la computación como Machine Learning (ML), la cual es una de las ramas de la IA más importantes y utilizadas por investigadores, debido a que es un método de análisis de datos que automatiza la construcción de modelos analíticos, basado en la idea de que los sistemas pueden aprender de datos, identificar patrones y tomar decisiones con mínima intervención humana (Giráldez, 1999).

Este campo de la IA se compone de tres principales tipos de aprendizaje (supervisado, no supervisado y por refuerzo), los cuales se distinguen por el ámbito del problema a solucionar (Chicas et al., 2004).

En la Figura 12 se puede observar los tres tipos de aprendizaje automático existentes actualmente: a) supervisado, b) no supervisado y c) por refuerzo. A continuación, se detallan dichos tipos de aprendizaje (Giráldez, 1999).

#### Figura 12

*Tipos de aprendizaje automático.*



*Nota:* En esta figura se muestra los tipos de aprendizaje automático. Tomado de: (Chicas et al., 2004).

- a. Aprendizaje supervisado. – algoritmo que cuenta con un aprendizaje previo basado en un sistema de etiquetadas asociadas a unos datos que les permiten tomar decisiones o hacer predicciones (Giráldez, 1999).
- b. Aprendizaje no supervisado. – algoritmo que no cuenta con un conocimiento previo, su principal característica es enfrentarse a la desorganización de datos con el objetivo de encontrar patrones que permitan organizarlos de alguna manera (Giráldez, 1999).
- c. Aprendizaje por refuerzo. - algoritmo que aprende a partir de la propia experiencia, su principal distintivo es la capacidad de tomar la mejor decisión ante diferentes situaciones de acuerdo a un proceso de prueba y error en el que se recompensan las decisiones correctas (Chicas et al., 2004).

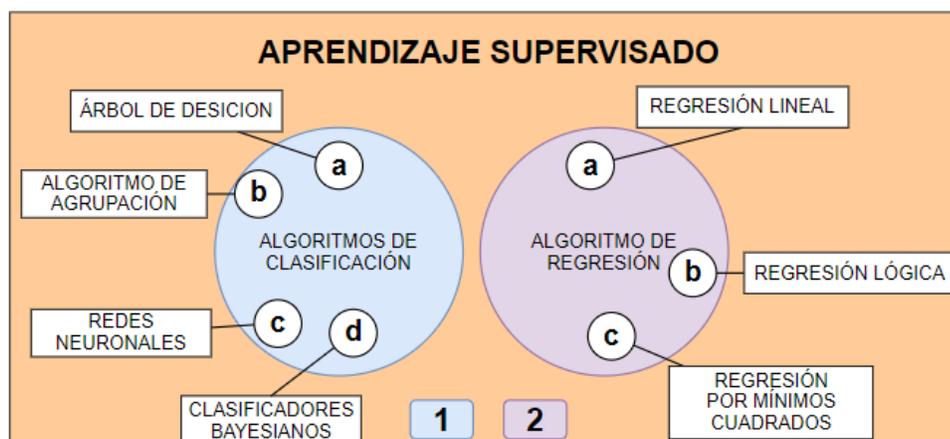
### **2.3.3. Aprendizaje Supervisado y Algoritmos Inteligentes.**

Su nombre en el campo tecnológico es clasificación supervisada, es un tipo de aprendizaje que trabaja con datos, los cuales se les pretende sacar provecho de forma eficiente (Moreno et al., 2004). La principal característica de este tipo de aprendizaje es desarrollar un modelo predictivo mediante dos fases, la primera fase de entrenamiento en donde aprende el algoritmo y la segunda fase de prueba en donde se valora que tanto aprendió y que tan eficiente es el algoritmo (C. E. González, 2016).

En la Figura 13 se puede observar los dos tipos de algoritmos: 1) clasificación y 2) regresión, los cuales se detallan a continuación (Sandoval Serrano, 2018):

**Figura 13**

*Tipos de aprendizaje supervisado.*



*Nota:* En esta figura se muestra los tipos de aprendizaje supervisado. Tomado de (Sandoval Serrano, 2018).

1. Algoritmo de clasificación. – técnica inteligente utilizada para predecir una o más variables discretas basándose en distintos atributos. Dentro de los algoritmos de clasificación encontramos varias técnicas como: arboles de decisión, algoritmos de agrupación, redes neuronales y clasificadores Bayesianos (Sandoval Serrano, 2018). A continuación, se describen cada uno de dichos algoritmos inteligentes:
  - a. Árbol de decisión. - Método de predicción utilizado en el ámbito de la inteligencia artificial y en el aprendizaje automático, es una estructura de árbol similar a un diagrama de flujo en donde cada nodo de rama representa una elección entre varias alternativas y cada nodo de hoja representa una decisión (Roche, 2009). Su principal distintivo es la generación de un modelo predictivo con alta precisión, estabilidad y facilidad de interpretación humana (Beltrán, 2015).
  - b. Algoritmo de agrupación. - Método de aprendizaje de máquina que implica la agrupación de varios puntos de datos. Su principal distintivo es

- categorizar o clasificar cada punto de datos en un grupo particular, el cual contiene características o propiedades similares (González, 2010).
- c. Redes neuronales. - Método de aprendizaje automático inspirado en el funcionamiento del cerebro humano. Su principal distintivo es estar formado por un conjunto de nodos que se conectan y transmiten señales entre sí (Santana, 2006).
  - d. Clasificadores bayesianos. – Método de aprendizaje inteligente que implica teoría de probabilidad y minería de datos (Luque, 2003). Su principal distintivo es predecir una o varias soluciones con pocos datos inspirado en el teorema probabilístico de Bayes, el cual asume que la presencia o ausencia de una característica particular no está relacionada con la presencia o ausencia de cualquier otra característica, dada la clase variable (Larrañaga et al., 2018).
2. Algoritmos de regresión. - técnica inteligente que permite ajustar alguna función a un conjunto de datos. Dentro de los algoritmos de regresión encontramos varias técnicas entre las más utilizadas tenemos las siguientes: regresión lineal, regresión logística, regresión por mínimos cuadrados (Sandoval Serrano, 2018). A continuación, se describen cada uno de dichos algoritmos inteligentes:
- a. Regresión lineal. – Método de aprendizaje inteligente que se enfoca en resolver problemas estableciendo un modelo de relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Su principal distintivo es dibujar una recta que indica la tendencia de un conjunto de datos continuos (M. Pérez, 2017).
  - b. Regresión lógica. – Método más simple y utilizado de aprendizaje inteligente que se enfoca en resolver problemas de clasificación binaria. Su principal

distintivo es permitir establecer la probabilidad de que un evento ocurra utilizando un conjunto de datos discretos (Lino et al., 2016).

- c. Regresión por mínimos cuadrados. – Método de aprendizaje inteligente que se enfoca en resolver problemas estableciendo un modelo de relación entre los valores reales y los valores estimados de un conjunto de datos. Su principal distintivo es dibujar una función lineal que indica la tendencia de un conjunto de datos continuos (Chirivella, 2019).

#### **2.3.4. Minería de Datos.**

Conjunto de técnicas que permite encontrar información escondida en gigantesco volumen de datos, su principal objetivo es aprovechar el valor de la información localizada mediante búsqueda e identificación de patrones, los cuales proporcionan relaciones y conocimiento que en muchas ocasiones no se sabía que existía, permitiendo de esta manera que se pueda tomar decisiones más confiables (Riquelme et al., 2006).

Las personas que se dedican a esta actividad (análisis de datos) son conocidos como exploradores de información o minero, los cuales siguen una serie de paso para cumplir con su objetivo, el cual es intentan aportar información para la toma de decisiones dentro de las empresas contratantes (María & Meda, 2010).

En la Figura 14 se puede observar los procesos para realizar minería de datos: a) determinación del problema, b) recopilación e integración, c) pre-procesamiento y limpieza, y por último d) transformación de datos.

## Figura 14

*Procesos de minería de datos.*



*Nota:* En esta figura se muestra los procesos de minería de datos. Tomado de (Sposito et al., 2008).

A continuación se describen cada uno de dichos procesos (Sposito et al., 2008) :

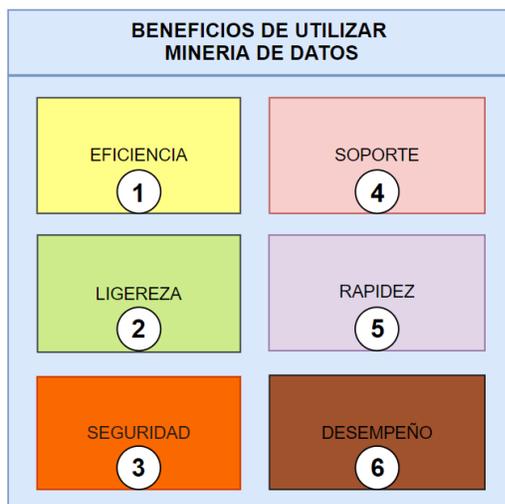
- a. Determinación del problema. – Proceso donde se define la problemática que se quiere resolver y se establecen los objetivos específicos a trabajar.
- b. Recopilación e Integración. – Actividad con finalidad de determina qué bases de datos pueden ser utilizadas para analizar el problema y se consolidan los conjuntos de información.
- c. Pre-procesamiento y limpieza. – Actividad donde se explora manejar los datos faltantes junto con los valores atípicos que se identifiquen en las bases de datos.
- d. Transformación de datos. – Actividad que busca generar nuevos indicadores que puedan ser más representativos del fenómeno analizado o contener mejor información que la de las variables disponibles por sí mismas, tomando la información acumulada hasta este momento.

La minería de datos está ligada implícitamente con el área de la estadística, computación, base de datos e inteligencia artificial debido a que usa como materia prima los datos para identificar conocimiento que aporte un rastro hacia la toma de decisiones (Rojas & Gomez, 2015).

En la Figura 15 puede visualizar los beneficios de utilizar minería de datos: a) eficiencia, b) soporte, c) ligereza, d) rapidez, e) seguridad y f) desempeño.

### Figura 15

*Beneficios de utilizar minería de datos.*



*Nota:* En esta figura se muestra los beneficios de utilizar minería de datos. Tomado de (María & Meda, 2010).

A continuación, se detallan dichos beneficios (María & Meda, 2010):

1. Eficiencia. - Colabora con el ahorro de costos y tiempo en los procesos de tu organización.
2. Ligereza. - Contribuye a gestionar y organizar la información de tu empresa de forma más eficiente.
3. Seguridad. - Previene situaciones adversas futuras basándose en datos verídicos
4. Soporte. - Muestra información clave, contribuye en la toma de decisiones estratégicas.
5. Rapidez. – Posibilita desarrollar estrategias para encontrar y atraer nuevos clientes

6. Desempeño. - Facilita mejorar la atención al cliente de tu empresa a partir de la información obtenida.

### **2.3.5. Métricas para evaluar un algoritmo inteligente.**

En la ingeniería informática una métrica son aquellos datos cuantitativos que permiten analizar el rendimiento de una determinada herramienta (Chirivella, 2019). Las métricas de software pueden ayudar a la evaluación de los modelos de análisis y diseño, debido a que proporcionan métodos complejos que permiten realizar pruebas más efectivas (Y. León et al., 2013).

En el campo de la inteligencia artificial una de las métricas más importantes y utilizadas es la matriz de confusión, la cual es una evaluación del algoritmo inteligente que proporciona a los programadores una mejor visión del código que está desarrollando (Park & Kim, 2012).

Además, la evaluación de un algoritmo inteligente busca reducir el sesgo y la variabilidad en la estimación del rendimiento de un modelo prueba (Aguilar et al., 2018). La técnica más utilizada y eficiente para investigadores es la matriz de confusión (T. Pérez & Muriel, 2018).

La Matriz de confusión. - Es una matriz cuadrada que sirve como herramienta estadística para el análisis de observaciones emparejadas, contiene el número de elementos que han sido correctamente o incorrectamente clasificados (Barrios Arce Juan Ignacio, 2019).

En la Figura 16 se observa una matriz de confusión, la cual se caracteriza porque en su diagonal se muestra el número de observaciones que han sido correctamente clasificados, los elementos no diagonales indican el número de observaciones que han sido incorrectamente clasificadas (Novakovic et al., 2017).

**Figura 16***Matriz de confusión.*

		Valores Reales	
		+	-
Valores Predictivos	+	Verdaderos Positivos (+, +)	Falsos Positivos (+, -)
	-	Falsos Negativos (-, +)	Verdaderos Negativos (-, -)

*Nota:* En esta figura se muestra la matriz de confusión. Tomado de (Draelos, 2019).

A continuación, se detalla los componentes de la matriz de confusión (Cabello et al., 2013):

- Verdaderos positivos. - valor predicho que concuerda con el valor real. Esto quiere decir que el valor real fue positivo y el modelo predijo un valor positivo.
- Verdadero negativo. - valor predicho que concuerda con el valor real. Esto se refiere a que el valor real fue negativo y el modelo predijo un valor negativo.
- Falso positivo. - valor predicho que fue señalado falsamente. Esto quiere decir que el valor real fue negativo pero el modelo predijo un valor positivo.
- Falsos negativos. - valor predicho que fue señalado falsamente. Esto se refiere a que el valor real fue positivo, pero el modelo predijo un valor negativo.

### 2.3.6. Sistema Experto.

Los sistemas expertos (Expert System) se lo consideran como un subconjunto de la Inteligencia Artificial que está diseñado para imitar el proceso de razonamiento de un especialista en un determinado tema (Zerpa et al., 2018).

La principal ventaja de un sistema experto es la capacidad de adquirir experiencia a través del procesamiento y uso de los datos disponibles, permitiéndoles memorizar, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas (Lucas, 2017). Simulando el trabajo de un asesor o especialista humano, algunos ejemplos representativos son los siguientes: sistemas de monitoreo de aviones inteligentes, sistemas de control de la alimentación animal, sistemas de diagnóstico de enfermedades infecciosa en plantas y seres vivos (Zerpa et al., 2018). Dichos aplicativos poseen un grado aceptable de fiabilidad al momento de tomar decisiones complejas basando sus resultados en una explicación lógica (encadenamiento de reglas) así como lo realizaría un experto en esa área (Hurtado & Manco, 2007).

Además, cabe destacar que el desarrollo o adquisición de estos tipos de aplicativos (sistema experto) son económicamente costosos pero su rentabilidad en términos de productividad, tiempo y precisión de decisiones son muy altas (Ortiz & Torres, 2014).

En la Figura 18 se puede visualizar las razones para utilizar sistemas expertos: a) soporte, b) seguridad, c) rapidez y d) Ligereza.

**Figura 17**

*Razones para utilizar sistemas expertos.*



*Nota:* En esta figura se muestra las razones para utilizar sistemas expertos. Tomado de: (Samper Márquez, 2015).

A continuación, se detallan dichas razones (Samper Márquez, 2015):

1. Soporte. - Ayuda al personal con poca experiencia a resolver problemas que requieren un conocimiento de experto.
2. Seguridad. - Fiabilidad en resolución de problemas debido a que se combina la sabiduría colectiva de varios expertos humanos en solo lugar.
3. Rapidez. - Responde preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que un experto humano, es valioso en casos en los que el tiempo de respuesta es crítico e importante.
4. Ligereza. - Capacidad de procesar un elevado número de operaciones complejas de forma rápida para suministran respuestas rápidas y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden o la tarea desborda al ser humano.

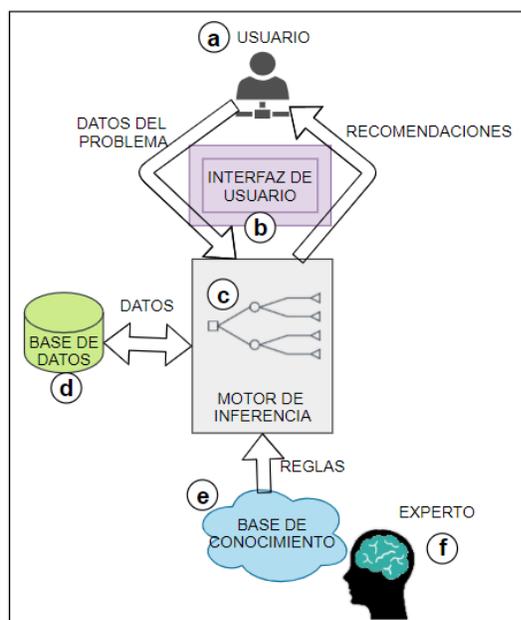
### **2.3.7. Estructura de un sistema experto (Elementos).**

Los Sistema Expertos tienen una estructura definida que busca una mejor calidad y rapidez de respuesta dando así lugar a una mejora de la productividad del usuario (Rivas-Echeverría\* et al., 2006).

En la Figura 18 se muestra una arquitectura que esta contribuida por una base de conocimiento, base de datos, mecanismo de inferencia y una interfaz de usuario, además cabe mencionar los elementos humano que son el experto y el usuario (SAS Institute Inc., 2019).

**Figura 18**

*Estructura básica de un sistema experto.*



*Nota:* En esta figura se muestra la estructura básica de un sistema experto. Tomado de: (Malpica, 2008).

A continuación, se detallan cada uno de los componentes que comprende dicha arquitectura (Castro et al., 2015):

- a. Usuario. - componente humano encargado de suministrar datos del problema al sistema con la finalidad de recibir una recomendación adecuada.
- b. Interfaz de usuario. - medio por el cual dialoga el sistema y el usuario de forma rápida y eficaz.
- c. Motor de inferencia. – corazón del sistema experto debido a que es el componente que encuentra conclusiones aplicando el conocimiento a los datos.
- d. Base de datos. - almacenamiento de información que permite la recuperación y el manejo dinámico de información en forma estructurada.

- e. Base de conocimientos. – componente lógico que contiene conocimiento modelado extraído del dialogo con el experto.
- f. Experto. - componente humano encargado de suministrar hechos o experiencia a la persona encargada de desarrollar para que mediante análisis lo transforme en conocimiento modelado o reglas.

### 2.3.8. Metodologías para Sistemas Experto – Técnica Buchanan.

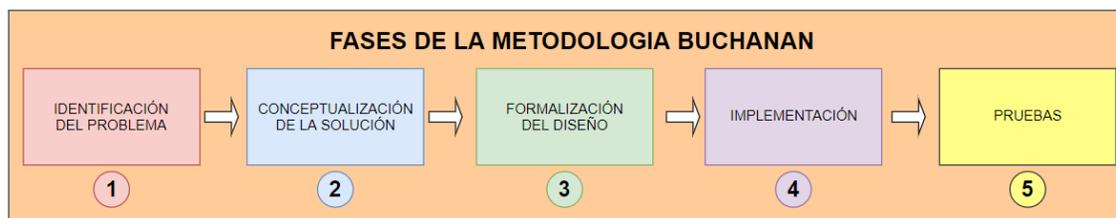
Existen un sin número de metodologías para desarrollar un sistema experto, debido a que cada autor propone una de acuerdo a la forma de desarrollo, entre las metodologías más sobresalientes tenemos a la metodología de Buchanan, metodología de Blanquery y García Martínez, metodología de John Duckel, metodología de Brule y la metodología de KADS (Salud & Torrico, 2013).

Para investigadores del área de sistemas expertos exponen que la más eficiente y sencilla de utilizar es la metodología de Buchanan ya que está mejor documentada y los procesos establecidos son concretos (Salud & Torrico, 2013).

La metodología de Buchanan se caracteriza por ser interactiva e incremental, además de una constante relación entre el experto y el desarrollador. En la Figura 19 se presentan las fases de desarrollo las cuales son: identificación del problema, conceptualización de la solución, formalización del diseño, implementación y pruebas de aplicativo (Armas Cadena et al., 2012).

#### Figura 19

*Fases de la metodología Buchanan.*



*Nota:* En esta figura se muestra las fases que conforman la metodología Buchanan. Tomado de: (Armas Cadena et al., 2012).

A continuación, se detallan cada uno de los componentes que comprende dicha metodología (Armas Cadena et al., 2012):

1. Fase de identificación del problema. - identifica los participantes, los recursos y las fuentes de conocimiento que necesitaremos para el desarrollo del sistema experto.
2. Fase de conceptualización de la solución. - delimita el conocimiento relevante del sistema experto, realizando la adquisición de información precisa y coherente suministrada por el experto con el fin de determinar las variables participantes en la creación de reglas.
3. Fase de formalización del diseño. - genera la base de conocimiento reaccionando las reglas antes si, mediante un mecanismo de inferencia con el fin de adquirir una solución aceptable.
4. Fase implementación. - desarrolla un prototipo en donde se expone el conocimiento formalizado utilizando las herramientas y técnicas que fueron analizadas por el desarrollador del sistema experto.
5. Fase de pruebas. - se procede a realizar pruebas de funcionamiento mediante datos ingresados y resultados obtenidos.

### **2.3.9. Métrica para validar sistema experto.**

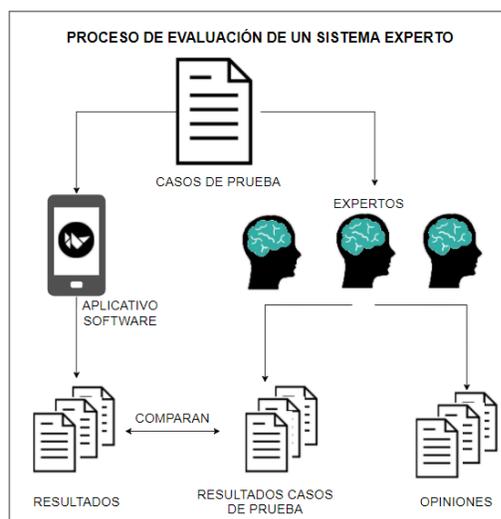
El método de evaluar un sistema experto difiere de la típica evaluación de software tradicional debido a que la forma en la que se aborda el problema y las expectativas son diferentes. Lo que se busca al realiza una evaluación es asegurar que el sistema ofrezca una respuesta correcta y adecuada a un problema de dominio (Teresa, 1997).

La forma de validar un sistema experto es mediante la comprobación de las salidas del sistema en donde se verifica que las respuestas son correctas y se cumple con requisitos del usuario, para esto se requiere los siguientes elementos: Casos de prueba, Expertos, Sistema Experto (Teresa, 1997).

En la Figura 20 se puede observar el proceso de evaluación de un sistema experto, el cual tiene el objetivo de validar que dicho aplicativo emule el comportamiento de un experto.

### Figura 20

*Proceso de evaluación de un sistema experto.*



*Nota:* En esta figura se muestra el proceso de evaluación de un sistema experto. Tomado de: (Curiel Robles, 2013).

El proceso se lo realiza mediante la creación de los casos de prueba, los cuales se le presenta al aplicativo y a un numero de expertos para que independientemente sean interpretados. Una vez realizado dicho proceso se compararán resultados y se realiza preguntas cerradas o abiertas en donde se permitirá a los expertos explicar lo que opinan de los distintos aspectos que están siendo evaluados como el nivel de detalle, utilidad, velocidad de respuesta, entre otros (Curiel Robles, 2013).

## CAPÍTULO III

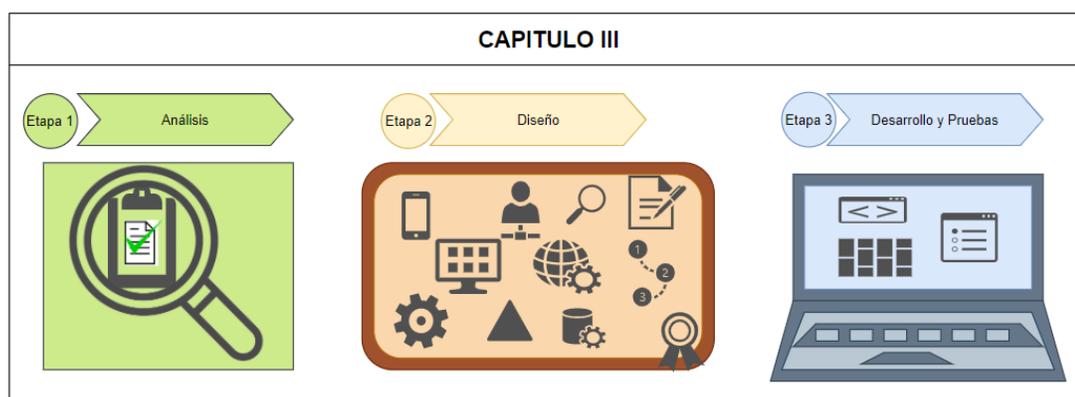
### 3. Análisis, diseño y desarrollo del sistema del sistema experto.

En este capítulo se realiza el desarrollo del aplicativo propuesto en la presente investigación siguiendo los procesos de ingeniería en software, además se basa en el uso de la metodología Mobile-D y Buchanan, orientándose en el desarrollo de aplicaciones móviles y en la construcción de sistema expertos respectivamente.

En la Figura 21 se observa las etapas que conforman el presente capítulo correspondiente a la presente investigación. Las etapas a desarrollarse son: 1) Análisis de requisitos, 2) Diseño y 3) Desarrollo y Pruebas del aplicativo.

#### Figura 21

*Etapas software de la investigación realizada.*



*Nota:* En esta figura se muestra las etapas software de la presente investigación.

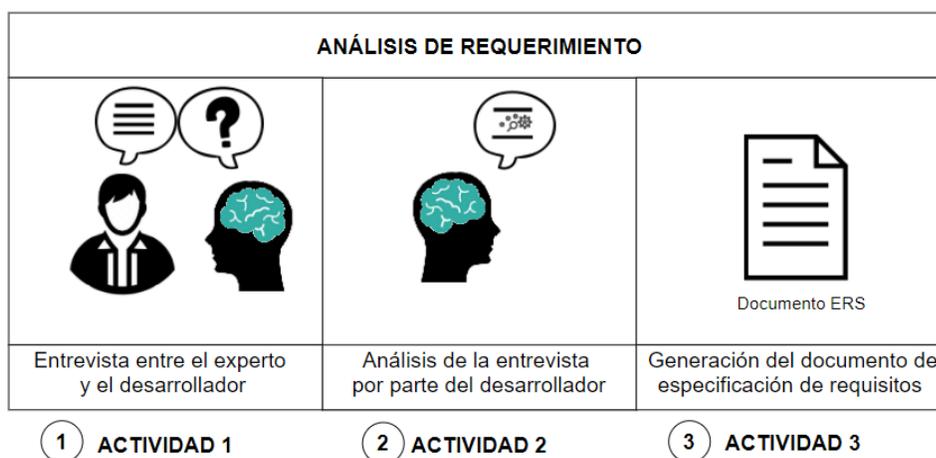
#### 3.1. Etapa 1. Análisis Software.

Etapa que tiene como principal objetivo el establecer un documento que sirva de apoyo al desarrollador para determinar del comportamiento del sistema y conocer las bases necesarias para su implementación. Esto asegura el éxito en las próximas etapas.

En la Figura 22 se puede observar las actividades realizadas en esta etapa, las cuales permiten obtener el documento de especificación de requisitos software (ERS) mediante el proceso de entrevista con el experto y análisis por parte del desarrollador.

**Figura 22**

*Actividades de la etapa de análisis.*



*Nota:* En esta figura se muestra las actividades que conforman la etapa de análisis.

A continuación, se describe cada una de dichas actividades realizadas para obtener el documento de especificación de requerimientos software.

### **3.1.1. Actividad 1 (Entrevista entre el experto y el desarrollador).**

Tarea que se realiza mediante una conversación con Sr. Ing. José Medina técnico de la granja avícola “Milton Mario”. Exponiéndose los inconvenientes existentes en la parte de alimentación avícola y proponiendo alternativas de solución a través del desarrollo de un sistema que permita dar apoyo a la nutrición de aves propósito de esta investigación. Cabe mencionar que la técnica utilizada es una entrevista semiestructurada, la cual contó con una guía con preguntas agrupadas al tema. Las preguntas se encuentran detalladas en el Anexo 1 (Documento de Entrevista)

### **3.1.2. Actividad 2 (Análisis de la entrevista).**

Tarea que realiza el desarrollador del producto, la cual tiene la finalidad comprender de mejor manera los inconvenientes de la parte de alimentación avícola, asemejar una idea de desarrollo, identificar componentes software y establecer las posibles alternativas de solución. El análisis de la propuesta del experto condujo a realizar el documento de especificación de requisitos software.

### 3.1.3. Actividad 3 (Generación del documento de especificación de requisitos software).

Tarea que se documenta lo establecido entre el técnico de la empresa y el desarrollador de la presente investigación. Dentro de dicho documento se detalla artefactos, funcionalidades y las respectivas propiedades del aplicativo. El documento utiliza el estándar IEEE-830, más detallado a fondo se puede visualizar en el Anexo 2 (Documento de especificación de requisitos software).

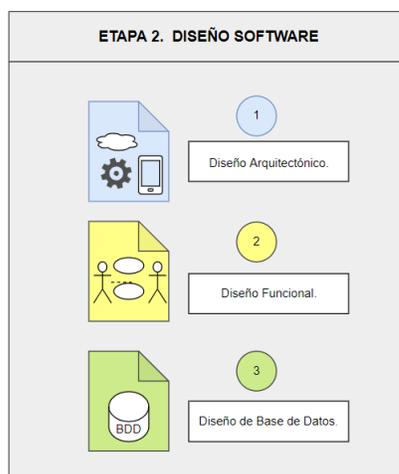
### 3.2. Etapa 2. Diseño Software.

Etapa cuyo principal objetivo es establecer una estructura de funcionamiento, la cual indica el actuar de cada componente de manera gráfica facilitando la comprensión del aplicativo software tanto para el desarrollador como para el usuario. La realización de los diseños estuvo basada en recomendaciones establecidas por el estándar IEEE-1471-2000.

En la Figura 23 se observa las actividades que conforman la etapa de diseño correspondiente a la presente investigación. Mencionar que en la metodología Mobile-D y Buchanan solo se realiza el diseño arquitectónico, pero en este caso para una mejor comprensión se realizaron tres diferentes tipos de diseños: 1) Diseño Arquitectónico, 2) Diseño Funcional y 3) Diseño de Base de Datos.

#### Figura 23

*Actividades de la etapa de diseño.*



*Nota:* En esta figura se muestra las actividades que conforman la etapa de diseño.

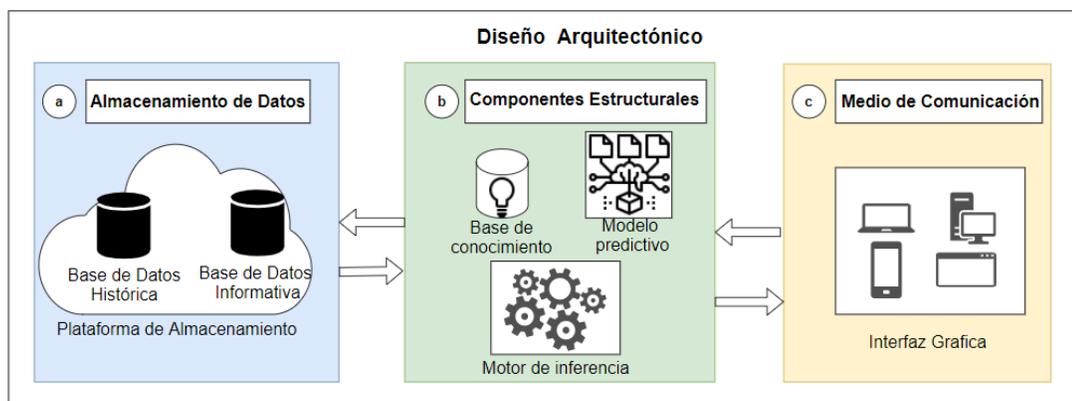
A continuación, se describe cada una de dichos diseños que fueron realizados para la presente investigación.

### 3.2.1. Diseño Arquitectónico.

Diagrama que permite identificar los componentes estructurales necesarios para la elaboración de la presentes investigación. En la Figura 24 se puede visualizar los elementos que permiten gestionar la información, los cuales son siguientes: a) Almacenamiento de Datos (base de datos histórica e informática), b) Componentes Estructurales (base de conocimiento, modelo predictivo y motor de inferencia) y c) Medio de Comunicación (Interfaz Gráfica).

**Figura 24**

*Diseño Arquitectónico de la investigación realizada.*



*Nota:* En esta figura se muestra el diseño arquitectónico de la presente investigación.

A continuación, se describe cada una de dichos componentes que serán utilizados en la presente investigación.

- a. Almacenamiento de datos. - elemento que permite guardar datos y accederlos siempre que sea necesario. En este caso se optó por un almacenamiento en la nube debido a que es una manera sencilla y dinámica de gestionar información, además existen muchas plataformas que brindan este tipo de servicio de forma gratuita y segura. Cabe destacar que dentro de la plataforma de almacenamiento se tendrá dos bases de

datos, la primera con datos históricos de la empresa y las segunda con información que se extrajo de la etapa de análisis.

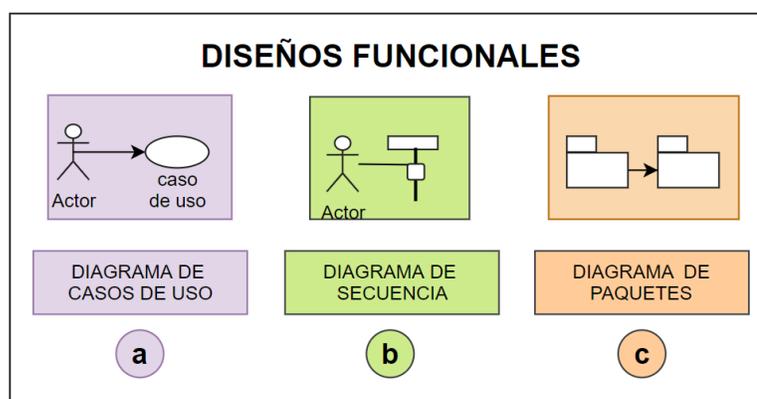
- b. Componentes Estructurales. - elemento que permiten encontrar soluciones por medio de la utilización de información. En este caso se consideró elementos de un sistema experto (base de conocimiento y el motor de inferencia) porque facilitan y dinamizan las funcionalidades del aplicativo, mientras que existen datos históricos los cuales se les puede sacar provecho se optó por utilizar un algoritmo inteligente (modelo predictivo)
- c. Medio de Comunicación. - medio de dialogo entre el usuario y el aplicativo. Se destaca que se utilizará una herramienta Framework que permita la compatibilidad a diversos aparatos electrónicos.

### 3.2.2. Diseños Funcionales.

Diagramas que permiten conocer el funcionamiento interno del aplicativo, dentro de esta actividad se realizó tres diagramas (casos de uso, secuencial y de paquetes) basados en el Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML). En la Figura 25 se observa dichos diagramas.

**Figura 25**

*Diseños funcionales propuestos.*



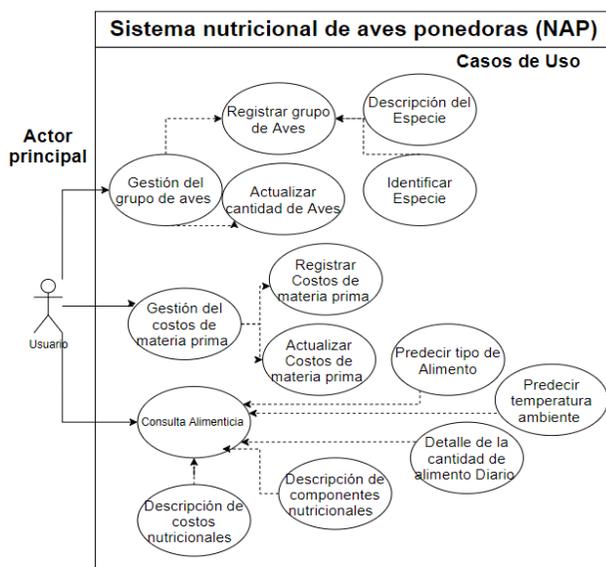
*Nota:* En esta figura se muestra los diseños funcionales propuestos.

A continuación, se describen cada uno de los diagramas desarrollados para la presente investigación:

- a. **Diagrama de Casos de Uso.** – modelo que sirve para especificar la comunicación y comportamiento del sistema mediante la interacción del usuario. En la Figura 26 se puede observar el diagrama de casos de uso propuesto para el desarrollo de la presente investigación, la cual posee dos elementos: Actor principal (usuario) y Casos de Uso (funcionalidades).

**Figura 26**

*Diagrama de Clases propuesto en la presente investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra el diagrama de clases propuesto en la presente investigación.

A continuación, se describe cada una de dichos componentes que fueron analizados para la presente investigación.

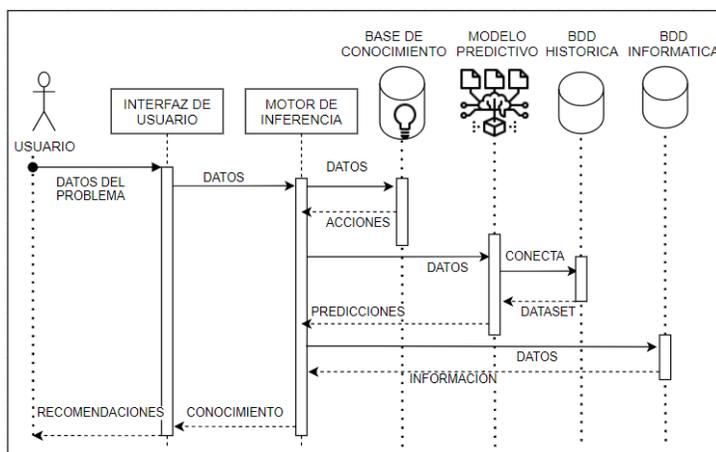
- Actor principal. - elemento que será el encargado de utilizar el aplicativo. En este caso se optó por realizarlo para una persona porque es una manera sencilla y dinámica para la gestión de información.

- Casos de Uso. - elemento que representa las funcionalidades del aplicativo. Las funcionalidades obtenidas fueron las siguientes: gestión del grupo de aves, gestión del costo de materia prima y consulta alimenticia. A continuación, se realizará una descripción de cada uno de estas funcionalidades.
  - Gestión del grupo de aves. - funcionalidad que implica dos servicios, el primero es registrar el grupo de aves, la cual requiere la identificar la especie con el objetivo de conocer sus cualidades y de esa manera guardar con un conjunto de datos informativos (código, especie, fecha de nacimiento y cantidad de aves). El segundo involucra la actualización de la cantidad de aves debido a que existen varias situaciones que causan que se reduzcan el número de aves. Cabe mencionar que el servicio de actualizar cantidad de aves requiere de haber realizado primero la actividad de registrar grupo de aves.
  - Gestión del costo de materia prima. - funcionalidad que permite registrar y modificar precios de los componentes necesarios para la elaboración del balanceado.
  - Consulta Alimenticia. – Funcionalidad que permite dar apoyo a la nutrición de aves ponedoras. Para dicha consulta se necesita varios servicios como: predecir el tipo de alimento, temperatura ambiente adecuada, cantidad de alimento diario para un grupo de aves, descripción de componentes nutricionales y descripción de costos que conlleva dicha nutrición.

- b. **Diagramas de secuencia.** – modelo que permite entender la interacción de un conjunto de objetos en una aplicación a través del tiempo, facilitando así la abstracción y comprensión por parte del desarrollador y los usuarios finales. En la Figura 27, se puede visualizar el diagrama de secuencia obtenido, el cual está conformado por los siguientes artefactos: usuario, interfaz de usuario, motor de inferencia, base de conocimiento, modelo predictivo, base de datos histórica e informática.

**Figura 27**

*Diseño secuencial de la investigación realizada.*



*Nota:* En esta figura se muestra el diseño secuencial de la investigación realizada.

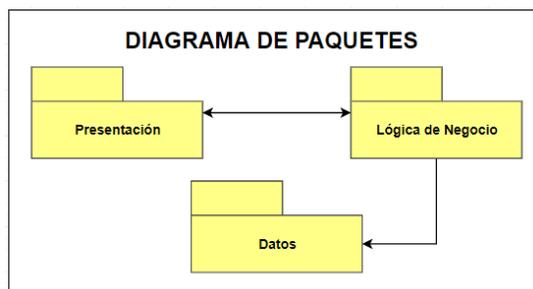
A continuación se describe en forma general el funcionamiento secuencial del aplicativo software.

- Usuario. - principal actor debido a que es el encargado de suministrar datos y recibir recomendaciones a través de la interfaz de usuario.
- Interfaz de Usuario. - medio de comunicación entre el usuario y el motor de inferencia. Su funcionamiento será enviar datos y recibir conocimiento para mostrar visiblemente.

- Motor de inferencia. - artefacto que recibirá datos y procederá a consultar las acciones que tendrán lugar y el orden a realizarse en la base de conocimiento.
  - Base de conocimiento. - artefacto encargado de contener las reglas y suministra acciones pertinentes al motor de inferencia.
  - Modelo predictivo. - artefacto encargado de conectarse con la base de datos histórica para obtener el dataset, proceder al entrenamiento y realizar la predicción pertinente.
  - Base de datos Histórica. - instrumento que proporciona el dataset al modelo predictivo.
  - Base de datos Informativa. - instrumento que nutre de información al motor de inferencia.
- c. **Diagrama de paquetes.** – modelo que definirá la estructura de los paquetes del sistema propuesto. En la Figura 28 se puede observar el diagrama obtenido el cual está conformado de tres capas: Lógica del negocio, Datos y Presentación.

**Figura 28**

*Diagrama de paquetes de la presente investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra el diagrama de paquetes de la presente investigación.

A continuación, se describe cada uno de dichas capas que conforman el diagrama de paquetes:

- **Capa de la lógica del negocio.** – Capa que presenta los requerimientos funcionales que posee el presente proyecto en desarrollo por las necesidades del usuario. Estas necesidades se han detallado en la Etapa 1 (Análisis software).
- **Capa de datos.** – Capa que permite poseer las bases de datos donde serán almacenados toda la información o datos pertinentes que permitirán el desarrollo de software del presente proyecto. Cabe destacar que esta capa deberá ser utilizada por la capa de presentación y la capa de la lógica del negocio.
- **Capa de presentación.** - Capa encargada de mostrar la representación gráfica del proyecto en desarrollo, es decir la representación visual al usuario de la funcionalidad del presente sistema. Además, destacar que se utilizara el Framework Kivy para desarrollar las vistas.

### 3.2.3. Diseño de Base de Datos.

Diagrama que permite determinar los atributos y variables de la base de datos, asegurando así el éxito en las próximas etapas. En la Figura 29 se puede visualizar la colección de datos que se propuso para la construcción de la base de datos de la presente investigación, la cual se divide en dos modelos: a) modelo de la base de datos informática y b) modelo de la base de datos histórica. Cabe mencionar que son bases de datos no relacional pero tienen la habilidad de abstraer campos de otra colección para crear un nuevo campo.

**Figura 29**

*Diseño de base de datos de la investigación propuesta.*



*Nota:* En esta figura se muestra el diseño de base de datos de la presente investigación.

A continuación, se describe cada una de dichos componentes que fueron analizados para la presente investigación.

- Modelo de base de datos Informática. - diseño no relacional que representa gráficamente la base de datos que se utilizara para nutrir de información al aplicativo software. Dicho modelo propone las siguientes colecciones: alimento, precio, registro y aves.
- Modelo de base de datos Histórica. - diseño no relacional que representa las variables que se utilizaran para la predicción del tipo de alimento. Cabe mencionar que este modelo fue desarrollado basado en los datos históricos que se obtuvieron en la granja avícola y se utilizara para el proceso de entrenamiento y validación del modelo predictivo.

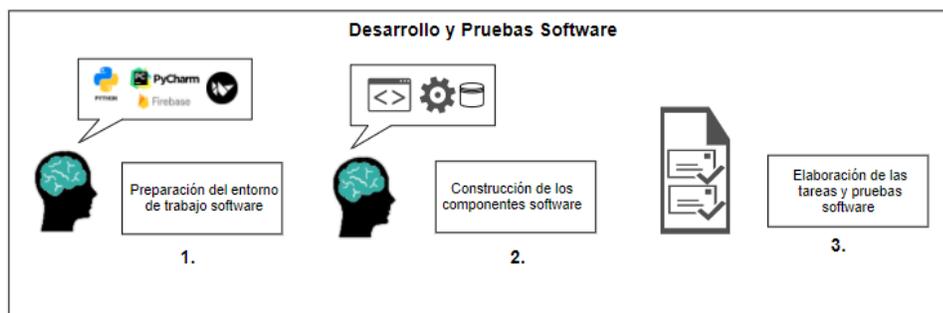
### 3.3. Etapa 3. Desarrollo y Pruebas software.

En esta etapa el principal objetivo es construir el software utilizando los elementos establecidos en las etapas anteriores, las cuales indica el actuar de cada componente de manera gráfica facilitando la comprensión del aplicativo software para el desarrollador.

En la Figura 30 se observa las actividades que conforman la etapa de desarrollo correspondiente a la presente investigación. Las actividades a realizar son: 1) Preparación del entorno de trabajo software 2) Construcción de los componentes software (modelo predictivo, motor de inferencia, bases de datos, base de conocimiento e interfaz gráfica) y 3) Tareas de desarrollo software.

#### Figura 30

*Actividades de la etapa de desarrollo y pruebas de la investigación propuesta.*



*Nota:* En esta figura se muestra las actividades de la etapa de desarrollo y pruebas de la presente investigación.

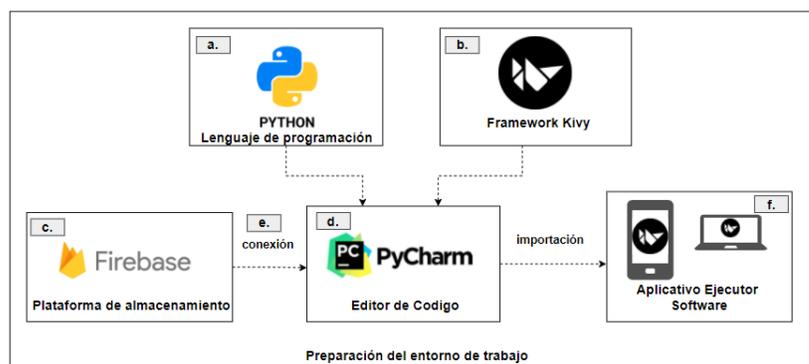
A continuación, se describe cada una de dichas actividades que fueron realizadas en la presente investigación.

#### 3.3.1. Configuración del entorno de trabajo.

Actividad en la cual se explica la configuración del entorno de trabajo realizado en el presente proyecto de investigación. En la Figura 31 se puede observar los componentes requeridos (Framework), los mismos que fueron instalados y configurados (conexiones) para la elaboración del aplicativo propuesto. Además, cabe destacar que esta actividad fue fundamentada en lo establecido en la Etapa 2 denominada Diseño software específicamente en el diagrama arquitectónico.

**Figura 31**

*Preparación del entorno de trabajo propuesto en la investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra la preparación del entorno de trabajo propuesto para la presente investigación.

A continuación, se detallan de una manera general cada uno de los componentes utilizados (herramientas requeridas) y su instalación correspondiente.

- a. Python. – Lenguaje de Programación que se usa para desarrollar inteligencia artificial a través del algoritmo de aprendizaje no supervisado (Árbol de decisión) permitiendo predecir el tipo de alimento y de temperatura ambiente adecuada para las aves, siendo esto establecido en la Etapa 2 (Diseño Software) en el diagrama arquitectónico. Para su instalación es necesario requerimientos mínimos como Windows 7 o superior y un procesador corei3 de tercera generación, esto se puede revisar en el Anexo 3 numeral 2 (Instalación Lenguaje Python).
- b. Framework KIVY. - Herramienta que se requiere al momento de desarrollar las interfaces o vistas que el usuario final observara en cualquier dispositivo electrónico. Cabe destacar que se debe tener en cuenta que para la instalación se necesitó de mínimo Windows 7 o superior. Además, mencionar que si desea revisar el proceso de instalación realizado se encuentra en el Anexo 3 numeral 3 (Instalación de Framework KIVY).

- c. Plataforma de almacenamiento (Firebase). - Herramienta que brinda gratuitamente el almacenamiento de datos no relacionales y se utiliza para gestionar la información. Además, mencionar que si desea revisar el proceso de configuración realizado se encuentra en el Anexo 3 numeral 4 (Configuración de la Plataforma de Almacenamiento).
- d. Editor PyCharm. - Editor de código fuente que se utiliza en el presente proyecto para desarrollar software con las diferentes herramientas que ayuda a la generación de clases, las cuales permiten dar funcionalidad al aplicativo. Su instalación es sumamente sencilla y se la puede revisar en el Anexo 3 numeral 5 (Instalación Editor PyCharm).
- e. Conexión Plataforma de Almacenamiento – Kivy. Es necesario establecer una comunicación entre el sistema y la plataforma de almacenamiento (Firebase) para visualizar e interactuar con las funcionalidades. Esta conexión permitirá llevar el control alimenticio de las aves a cualquier lugar debido a la portabilidad del dispositivo móvil. El proceso de vinculación se realiza una vez realizado las respectivas instalaciones y mediante peticiones REQUESTS del tipo GET y POS, las cuales permiten recibir y enviar información. Para más detalle de cómo se realiza esta conexión se puede ver en el Anexo 3 numeral 7 (Conexión Plataforma de Almacenamiento).
- f. Aplicativo Ejecutor Software. – obtener un producto software funcional y estable que es compatible con Windows, Linux, MacOS, Android e iOS. Para esto se hará uso de la herramienta de Kivy para celulares denominada Kivy-Launcher, la cual permite ejecutar el aplicativo de una manera fácil y sin complicaciones con las versiones, para más detalles de la instalación de

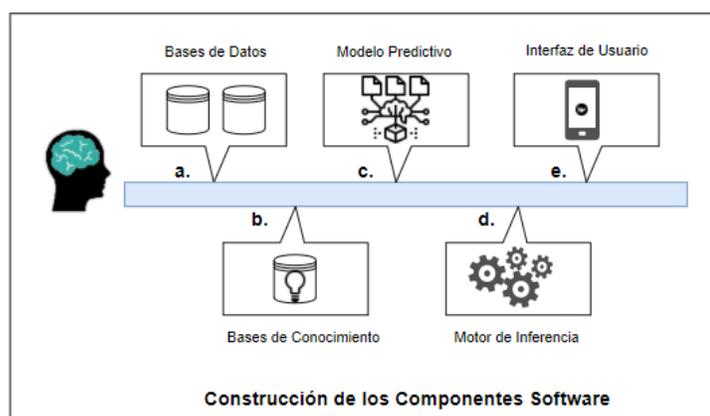
dicha herramienta se la puede ver en el Anexo 3 numeral 6 (Instalación Kivy-Launch).

### 3.3.2. Construcción de los componentes software.

Actividad en la cual se incorpora los componentes del presente proyecto de investigación. En la Figura 32 se puede observar los componentes requeridos como: bases de datos, bases de conocimiento, modelo predictivo motor de inferencia e interfaces de usuario, los mismos que fueron usados dentro aplicativo propuesto. Además, cabe destacar que esta actividad fue fundamentada en lo establecido en la Etapa 2 denominada Diseño software específicamente en el diagrama arquitectónico.

**Figura 32**

*Tareas de desarrollo de componentes software propuesto para esta investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra las tareas de desarrollo de componentes software propuesto para la presentes investigación.

A continuación, se realiza una explicación general de las tareas desarrolladas en el presente trabajo de investigación:

- a. Construcción de las Bases de datos. – Actividad la cual consiste en elaborar dos documentos JSON mediante actividades de recolección, etiquetado y transformación a al formato mencionado, dichos archivos fueron importados a la plataforma de almacenamiento para que el sistema pueda utilizar los datos de una manera rápida y eficaz. Su desarrollo es sumamente sencillo y

se puede revisar en el Anexo 4 numeral 2 (Construcción de las bases de Datos).

- b. Base de Conocimiento. – contiene todos los hechos y reglas del dominio de la aplicación, se construyó a partir de información obtenida de parte de los expertos humanos y documentación obtenida de alimentación avícola, disponible para objeto de estudio. Las reglas se representan en forma de: “si premisa entonces conclusión”. Para conocer mejor la elaboración de la base de conocimiento se puede observar en el Anexo 4 numeral 3 (Preparación de la base de Conocimiento).
- c. Modelo Predictivo. - herramienta utilizada para la predicación de un tipo de alimento adecuado para las aves ponedoras. Se consideró utilizar árbol de decisiones debido a que es considerado uno de los mejores y más utilizados métodos de aprendizaje supervisado. Además, es una técnica con la cual obtenemos un modelo predictivo con alta precisión, estabilidad y la interpretación es sencilla. Lo primero que se realizó es el vinculado con la plataforma de almacenamiento para utilizar la base de datos Histórica, luego se procedió a realizar importación de librerías relacionadas con SKLEARN como tree, decisionTreeClassifier y train\_test\_split debido a que dichas librerías permitirán separar datos y construir el modelo de forma sencilla. Para el proceso de entrenamiento estará ligado con el conjunto de datos, los cuales son separarlos en entrenamiento y validación, en este caso separamos aleatoriamente la muestra en 80% que es 3200 datos para entrenamiento y el 20% que es 800 datos para validación. Después de haber separado los datos se procedió a construir un modelo, el cual será entrenado con los datos destinados al entrenamiento. Para conocer de

mejor manera la construcción del modelo predictivo se puede ver en el Anexo 4 numeral 4 (Desarrollo del Modelo Predictivo).

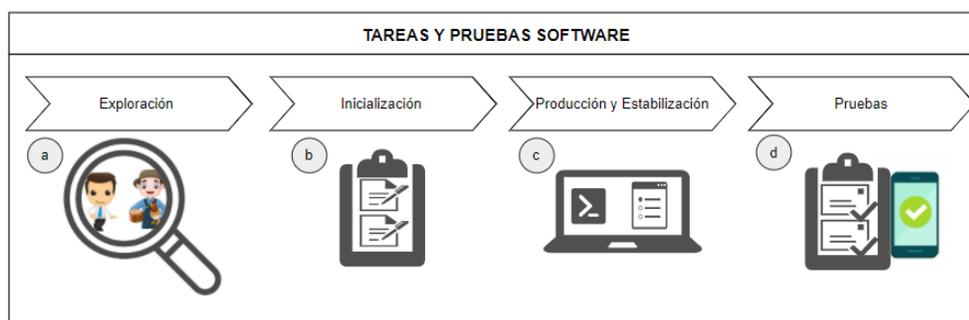
- d. Motor de Inferencia. - corazón del sistema experto debido a que es el encargado de determinar las acciones que tendrá lugar dentro del sistema, el orden en que lo harán y cómo lo hará, además del control del diálogo con el usuario. Su característica principal es obtener conclusiones aplicando el conocimiento a los datos. Para saber un poco mejor sobre el proceso de desarrollo del motor de inferencia se puede visualizar en el Anexo 4 numeral 5 (Desarrollo del motor de Inferencia).
- e. Interfaz de Usuario. - es la forma en la que el sistema se presenta ante el usuario. Para la elaboración se consideró tres características que para opinión del desarrollador fueron importantes: 1) evitar en lo posible entrada de datos erróneos, 2) resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario y 3) Comodidad con manejo relativamente sencillo. Para más detalle de cómo se realizó el desarrollo de las Interfaces de Usuario se la puede observar en el Anexo 4 numeral 6 (Elaboración de Interfaz de Usuario)

### **3.3.3. Elaboración de las tareas y pruebas software.**

Elaboración de las tareas y pruebas Software. - Se utilizará la metodología Mobile-D la cual nos permite desarrollar el presente proyecto de investigación facilitando la división del trabajo (esfuerzo) en etapas (tareas). En Figura 33 se observa cómo se aplica la metodología Mobile-D listándose sus etapas a continuación: a) Exploración, b) Inicialización, c) Producción y Estabilidad y por último d) Pruebas.

**Figura 33**

*Tareas y pruebas software propuestas en esta investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra las tareas y pruebas software propuestas en la investigación.

A continuación, se realiza una breve explicación del marco de trabajo que se propuso para el desarrollo de la metodología Mobile-D, el cual consta de las siguientes etapas:

- a. Exploración. - Etapa en donde se establece los interesados (avicultores y experto en alimentación avícola) y el propósito del proyecto (desarrollar un sistema experto para dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Mario”), con el fin de obtener todas las bases necesarias para su implementación. Esto asegura el éxito en las próximas fases de la metodología, para detalles más a fondo en el Anexo 5 numeral 2 (Fase de Exploración).
- b. Inicialización. – Etapa en donde se detalla los requerimientos iniciales de la aplicación, definición inicial del proyecto, propósito y funcionalidad. Es decir, ordenamos formalmente los requisitos funcionales para administrar de manera óptima las actividades existentes dentro del proyecto. Cabe destacar que se generaron tres historias de usuario (Gestión de información Avícola, Gestión de costos de materia prima y consulta de alimentación

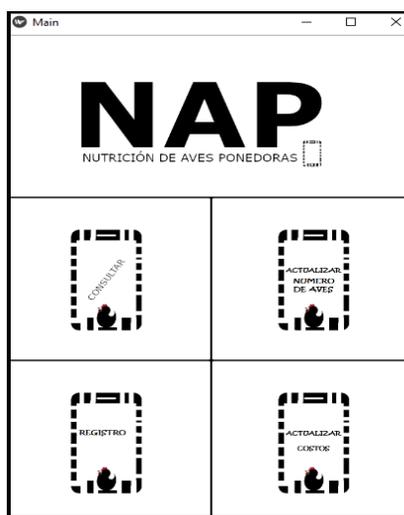
avícola) detallándose cada una de estas en el Anexo 5 numeral 3 (Fase de Inicialización).

- c. Producción y estabilización.- Etapa que se realiza a través del desarrollo iterativo incremental garantizando la calidad mediante pruebas, las cuales permiten validar que la aplicación cumple con todos los requisitos establecidos en la fase anterior. Para más detalles se puede revisar en el Anexo 5 numeral 4 (Etapa de Producción y estabilización).
- d. Pruebas de la aplicación.- Etapa en donde se crea las pruebas para determinar la efectiva funcionalidad de la aplicación desarrollada según los requisitos planteados iniciales. Dentro de las pruebas realizadas están las pruebas de interfaz y las pruebas de aceptación. Las pruebas de interfaz permiten evaluar el diseño de la interfaz de la aplicación, asegurando que los elementos como colores, tamaños, letras estén establecidos de manera adecuada, mientras las pruebas de aceptación permiten asegurar que las funcionalidades cumplan con los establecido de manera adecuada. Para revisar los detalles de las pruebas realizadas en el Anexo 5 numeral 5 (Etapa de Pruebas). A continuación, se describe las pruebas de interfaz y de aceptación realizadas.

En la Figura 34 se puede observar la interfaz principal, la cual se analizará mediante pruebas de interfaz. Dicha vista es amigable y de fácil uso para el usuario, siendo la principal funcionalidad la opción de consulta que funciona como un experto en nutrición de aves ponedoras.

**Figura 34**

*Interfaz principal del aplicativo software.*



*Nota:* En esta figura se muestra la interfaz principal del aplicativo propuesto.

En la Figura 35 y Figura 36 se puede observar el resultado de la prueba de aceptación 1, la cual está enfocada en la gestión de información avícola que permite guardar un conjunto de datos informativos de un grupo de aves y modificar la cantidad de aves existentes. La precondition es que una vez abierta la aplicación seleccionamos del menú la opción “Registro”, esta requiere la identificación de la especie del ave y un conjunto de datos informativos por parte del usuario mediante el uso de pantallas que abstraen dicha información. Para la parte de modificar la cantidad de un grupo aves se realizará al momento de seleccionar en menú la opción “Actualizar número de aves” y suministrar información específica de cambio. Como efecto se obtuvo que se abre sin ningún error, permite registrar el conjunto de datos informativos de un grupo de ave y por último admite modificar la cantidad de un grupo de aves.

**Figura 35**

*Interfaz de registro de un grupo de aves del aplicativo software.*



The screenshot shows the NAP (NUTRICIÓN DE AVES PONEDORAS) software interface. At the top, the logo 'NAP' is displayed with the tagline 'NUTRICIÓN DE AVES PONEDORAS' and a mobile phone icon. Below the logo, the text 'GALLINA PONEDORA SUSSEX' is centered. The form contains three input fields: 'CODIGO GALPON:' with the value '7', 'CANTIDAD:' with the value '3000', and 'FECHA:' with the value '01/01/2021'. At the bottom, there are two black buttons with white text: 'GUARDAR' on the left and 'REGRESAR' on the right.

*Nota:* En esta figura se muestra la interfaz de registro de un grupo de aves del aplicativo propuesto.

**Figura 36**

*Interfaz de actualización del aplicativo software.*



The screenshot shows the NAP (NUTRICIÓN DE AVES PONEDORAS) software interface for an update. At the top, the logo 'NAP' is displayed with the tagline 'NUTRICIÓN DE AVES PONEDORAS' and a mobile phone icon. Below the logo, the text 'GALLINA PONEDORA SUSSEX' is centered. The form contains two input fields: 'CODIGO GALPON:' with the value '7' and 'CANTIDAD:' with the value '2900'. At the bottom, there are two black buttons with white text: 'GUARDAR' on the left and 'REGRESAR' on the right.

*Nota:* En esta figura se muestra la interfaz de actualización del aplicativo propuesto.

En la Figura 37 se puede observar el resultado de la prueba de aceptación 2, la cual está enfocada en la gestión de costos de materia prima información avícola, la cual permitirá registrar y modificar costos de materia prima en la aplicación móvil. La precondition es una vez abierta la aplicación seleccionamos del menú la opción "Actualizar costos", esta permitirá agregar o modificar los costos de los nutrientes según sea el caso. Como efecto se obtuvo que la función actúa con normalidad y permite agregar o modificar los costos de los nutrientes.

**Figura 37**

Interfaz de gestión de costos de materia prima del aplicativo software.

NAP		ACTUALIZAR	REGRESAR
PRODUCTOS	COSTO (qq)		
MAIZ:	16		
SOYA:	23		
AFRECHO:	15		
CARBONATO FINO	3		
HARINA DE PESCADO	12		
POLVILLO MEDIANO	13		
FOSFATO NONOCALCIO	43		
ACEITE	30		
SAL	9		
ATRAPADOR	72		
VITAMINA BROYLER	188		
ACIDO	135		
METIONINA	243		
POMOTOR BMD	252		
VEGPRO	720		
COLINA	180		
ENZYMAS SF	360		
VITAMINA Ponedora	188		

*Nota:* En esta figura se muestra la interfaz de gestión de costos de materia prima del aplicativo propuesto.

En la Figura 38 se puede observar el resultado de la prueba de aceptación 3, la cual está enfocada en la consulta de información del alimento idóneo para las aves, la cual mostrar la información alimenticia que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola. La precondición es una vez abierta la aplicación seleccionamos del menú la opción “Consultar”, esta requiere una especificación del grupo de aves y mostrará la información necesitada. Como resultados se obtuvo que la aplicación interactúa con el usuario de forma adecuada y muestra la información correcta que permita dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola.

**Figura 38**

Interfaz de consulta alimenticia idónea del aplicativo software.

NAP		REGRESAR	
GALPON N°7		SUMINISTRE 328.338 LIBRAS DIARIAS	
SEMANAS DE VIDA EN 9		DURADERO PARA 7 DIAS	
EN ETAPA DE CRECIMIENTO		ESTABLESCA A 20 GRADOS	
CODIGO DEL ALIMENTO: NT-8			
PRODUCTOS	CANTIDAD (LIBRAS)	PRECIO (qq)	COSTO UNITARIO
MAIZ:	1234	16	197.44
SOYA:	579	23	133.17
AFRECHO:	231	15	34.65
CARBONATO FINO	43	3	1.29
HARINA DE PESCADO	20	12	2.4
POLVILLO MEDIANO	40	13	5.2
FOSFATO NONOCALCIO	18.5	43	7.96
ACEITE	10	30	3.0
SAL	9	9	0.72
ATRAPADOR	5.5	72	3.96
VITAMINA BROYLER	5.5	188	10.34
ACIDO	3.5	135	4.48
METIONINA	2	243	4.86
POMOTOR BMD	1.1	252	2.77
VEGPRO	1.1	720	7.92
COLINA	2	180	3.6
ENZYMAS SF	0.4	360	1.44
VITAMINA Ponedora	0	188	0.0
TOTAL	2200		425.18

*Nota:* En esta figura se muestra la interfaz de consulta alimenticia idónea del aplicativo propuesto.

## CAPÍTULO IV

### 4. Validación del sistema

En este capítulo del presente proyecto de investigación se determina la validez y la efectividad del sistema desarrollado para dar apoyo a la nutrición de aves en granjas avícolas, el cual busca reducir el tiempo de análisis nutricional por medio de la predicción del tipo de alimento adecuado a través de los datos históricos y optimizar la gestión de información alimenticia avícola.

Como se puede visualizar en la Figura 39, el dicho capítulo cuenta con 2 etapas. Estas son: 1) Validación del modelo predictivo y 2) Validación del sistema software.

#### Figura 39

*Actividades del Capítulo IV de la presente investigación.*



*Nota:* En esta figura se muestra las actividades que conforman la etapa de validación software.

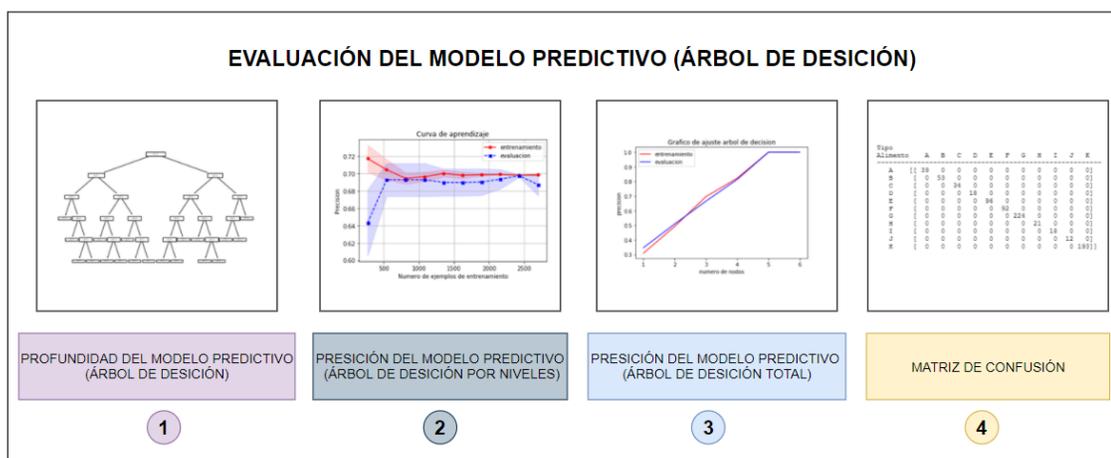
#### 4.1. Validación del modelo predictivo.

La validación del modelo predictivo utilizado en la presente investigación se realizó a través de la realización de un procedimiento que contiene 4 etapas.

En la Figura 40 se puede visualizar dichas etapas, las cuales son las siguientes: 1) Determinar la profundidad, 2) Identificar la precisión en cada nivel, 3) Determinar el funcionamiento de cada nodo y 4) Construir la matriz de confusión.

Figura 40

Evaluación del modelo predictivo (árbol de decisión).



*Nota:* En esta figura se muestra las actividades realizadas para la evaluación del modelo predictivo (árbol de decisión).

A continuación, se realiza una breve explicación de las etapas para evaluar al modelo predictivo:

1. Profundidad del modelo predictivo (árbol de decisión). – Etapa que permite conocer la profundidad máxima del modelo predictivo a través del análisis de los niveles necesarios que permitan establecer una estabilidad adecuada del árbol de decisión, estableciendo un máximo de 5 niveles. Sirviendo posteriormente dichos niveles en la etapa 2 como manera de establecer la eficacia de cada uno de estos. En el Anexo 6 numeral 2 (Validación del modelo predictivo) se puede revisar la codificación utilizada o la función planteada.
2. Precisión del modelo predictivo (árbol de decisiones por niveles). – Etapa que permite conocer la precisión del modelo en función de los 5 niveles de profundidad determinados en la etapa 1 (Profundidad del modelo predictivo). Obteniéndose los siguientes resultados:

- El nivel 1 del árbol de decisión permite obtener una precisión de 33% de efectividad.
- El nivel 2 del árbol de decisión permite obtener una precisión de 49% de efectividad.
- El nivel 3 del árbol de decisión permite obtener una precisión de 68% de efectividad.
- El nivel 4 del árbol de decisión permite obtener una precisión de 82% de efectividad.
- El nivel 5 del árbol de decisión permite obtener una precisión de 100% de efectividad.

En el Anexo 6 numeral 3 (Validación del modelo predictivo) se puede revisar la codificación utilizada para obtener la precisión del algoritmo de árbol de decisión por cada uno de sus niveles de profundidad. Así como también una visualización gráfica de la curva de aprendizaje de los entrenamientos versus sus pruebas.

3. Precisión del modelo predictivo (árbol de decisiones totales). – Etapa que muestra la precisión y el comportamiento del modelo predictivo de forma general, comparando el entrenamiento versus la evaluación en todos los niveles de profundidad del árbol de decisión que fueron analizados en la etapa 2 (Precisión del modelo predictivo por niveles). Concluyéndose que la precisión del árbol de decisión aumenta a medida que el número de niveles de profundidad también aumenta, es decir que el modelo se estabiliza en su quinto nivel llegando a obtener un 100% en su precisión. En el Anexo 6 numeral 4 (Validación del modelo predictivo) se puede revisar la codificación utilizada y visualizar el gráfico obtenido del ajuste del modelo predictivo propuesto en esta investigación.

4. Matriz de confusión. – Etapa donde se evalúa los resultados obtenidos en la etapa 2 (Precisión del modelo predictivo por niveles) y etapa 3 (Precisión del modelo predictivo totales) anteriormente mencionadas. Dando como resultado una matriz de confusión multiclase. Obteniéndose 39, 53, 34, 18, 96, 92, 224, 21, 18, 12 y 193 verdaderos positivos (true positive) que corresponden a alimento del tipo A, B, C, D, E, F, G, H, I, J y K respectivamente con una fiabilidad del 100%. En el Anexo 6 numeral 5 (Validación del modelo predictivo) se puede revisar la codificación utilizada y la matriz de confusión multiclase obtenida al aplicarse sobre el modelo predictivo propuesto en esta investigación.

#### **4.2. Validación del sistema experto.**

El proceso de validación del sistema se realiza utilizando la métrica para evaluar sistemas expertos, la cual se expuso en la sección 2.3.9 (Métrica para evaluar un sistema experto) del marco teórico del presente proyecto. Para lo cual se toma en consideración los casos de prueba, el aplicativo software, los expertos y los resultados obtenidos de cada caso de prueba.

El proceso se inicia teniendo en cuenta los datos históricos suministrados por parte de la granja avícola “Milton Mario”, los cuales permiten la creación de 10 casos de prueba, los mismos que se exponen a 6 personas expertas en alimentación avícola, las cuales son las encargadas de efectuar el diagnóstico nutrición avícola de forma tradicional y de forma automática con el aplicativo. En Anexo 7 (Casos de prueba). se puede visualizar con mayor detalle los casos de prueba planteados. Obteniéndose el tiempo requerido y los resultados de cada uno de los casos de prueba correspondientes al proceso manual y al realizado con el sistema software como se puede ver en la Tabla 5..

**Tabla 5***Comparación del método manual con el sistema software.*

N°- Expertos	Método Tradicional		Método Automático				% tiempo	% exactitud
	Tiempo (minutos)	Exactitud de respuestas	Tiempo (minutos)	Total de respuestas	Diferencia tiempos	diferencia respuestas		
1	54	127	12	130	42	3	77.78%	98%
2	44	126	11	130	33	4	75.00%	97%
3	60	130	13	130	47	0	78.33%	100%
4	50	130	12	130	38	0	76.00%	100%
5	41	125	11	130	30	5	73.27%	96%
6	48	129	13	130	35	1	72.92%	99%

*Nota:* En esta tabla se muestra la comparación del método manual con el sistema software propuesto.

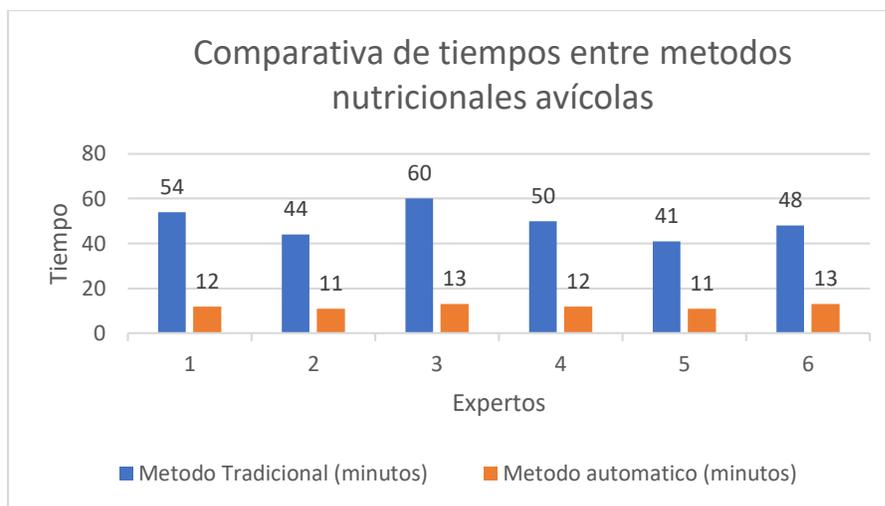
En la Figura 41 se analiza la comparación de tiempo tardado por cada experto con el uso del sistema y sin el uso de el mismo. Como se puede observar el tiempo de análisis nutricional avícola del método manual son mayores a los tiempos estimados por el sistema software. Obtenido los siguientes resultados:

1. Experto 1 método tradicional 54 minutos y 12 minutos por el sistema experto.
2. Experto 2 método tradicional 44 minutos y 11 minutos por el sistema experto.
3. Experto 3 método tradicional 60 minutos y 13 minutos por el sistema experto.
4. Experto 4 método tradicional 50 minutos y 12 minutos por el sistema experto.
5. Experto 5 método tradicional 41 minutos y 12 minutos por el sistema experto.
6. Experto 6 método tradicional 48 minutos y 13 minutos por el sistema experto.

Esto afecta directamente al ciclo productivo ya que mientras más tiempo tome diagnosticar una nutrición adecuada, más recursos son gastados e incluso se interrumpen las actividades diarias planificada como compra de materia prima y venta del producto.

**Figura 41**

*Comparativa de tiempos entre métodos nutricionales avícolas.*



*Nota:* En esta figura se muestra la comparativa de tiempos entre métodos nutricionales avícolas.

En la Figura 42 se puede observar la comparativa de respuestas entre cada experto efectuado por el método tradicional, mostrando así resultados óptimos por parte de todos los expertos. Obteniéndose los siguientes resultados:

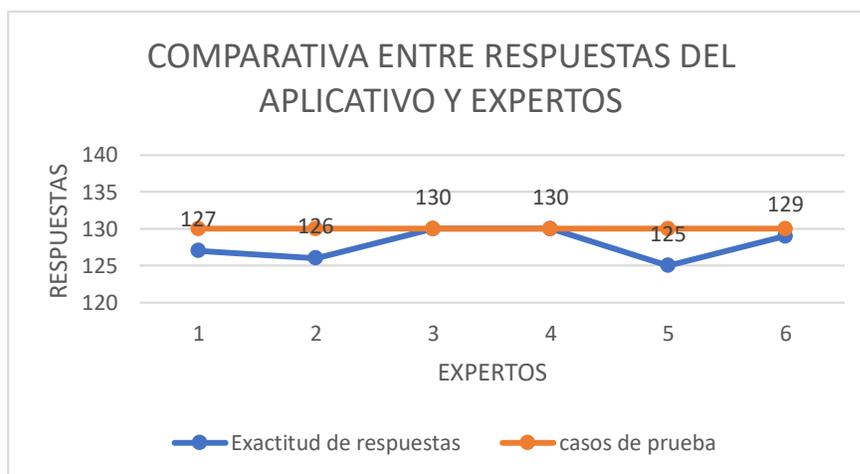
- El experto humano 1 se equivocó en 3 respuestas, de un total de 130 pregunta es decir 97.69% de acierto y un 2,31% de error.
- El experto humano 2 se equivocó en 4 respuestas, de un total de 130 pregunta es decir 96.92% de acierto y un 3.08% de error.
- El experto humano 3 se equivocó en 0 respuestas, de un total de 130 pregunta es decir 100% de acierto y un 0% de error.
- El experto humano 4 se equivocó en 0 respuestas, de un total de 130 pregunta es decir 100% de acierto y un 0% de error.
- El experto humano 5 se equivocó en 5 respuestas, de un total de 130 pregunta es decir 96.61% de acierto y un 3,39% de error.

- El experto humano 6 se equivocó en 1 respuestas, de un total de 130 pregunta es decir 99.23% de acierto y un 0,77% de error.

Concluyéndose que el sistema está emulando el comportamiento de un experto en el área de alimentación avícola. Mejorando en 1.77% a un experto humano, es decir el aplicativo planteado en esta investigación, llega a la consecución del objetivo general planteado, el cual es desarrollar un sistema experto que permitir dar apoyo a la nutrición de aves en la granja avícola “Milton Marion” cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi.

**Figura 42**

*Comparación entre respuestas del aplicativo y expertos.*



*Nota:* En esta figura se muestra la comparación entre respuestas del aplicativo y expertos.

La Figura 43 el porcentaje de tiempo empleado por el experto número 1 de forma tradicional para apoyar a la nutrición avícola. Donde el 77.78% es el tiempo empleado por dicho experto en análisis nutricional y el 22.22% es el tiempo que demorar el sistema de software implementado en este proyecto, lo cual indica un tiempo de desarrollo más óptimo para este último.

**Figura 43**

*Porcentaje de tiempo empleado por el experto 1 tradicionalmente.*



*Nota:* En esta figura se muestra el porcentaje de tiempo empleado por el experto 1 tradicionalmente.

En la Figura 44 se evalúa el tiempo en porcentaje ocupado por el experto 2 de forma tradicional. Esta grafica indica que se desaprovecha un 75.00% es el tiempo empleado por dicho experto en análisis nutricional y 25.00% de tiempo para un diagnóstico nutricional adecuado.

**Figura 44**

*Porcentaje de tiempo empleado por el experto 2 tradicionalmente.*



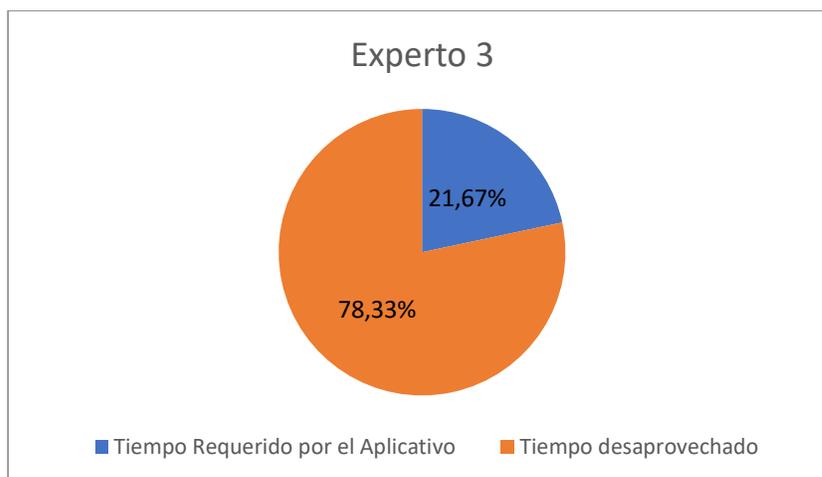
*Nota:* En esta figura se muestra el porcentaje de tiempo empleado por el experto 2 tradicionalmente.

En la Figura 45 se evalúa el tiempo en porcentaje ocupado por el experto 3 de forma tradicional. El 78.33% es el tiempo empleado por dicho experto en

análisis nutricional y 21.67% con el sistema implementado, evidenciando un mejor tiempo de respuesta por parte del software.

#### Figura 45

*Porcentaje de tiempo empleado por el experto 3 tradicionalmente.*



*Nota:* En esta figura se muestra el porcentaje de tiempo empleado por el experto 3 tradicionalmente.

En la Figura 46 se evalúa el tiempo en porcentaje ocupado por el experto 4 de forma tradicional. Se indica que el 76% es el tiempo empleado por dicho experto en análisis nutricional y 24% de tiempo requerido por sistema de software. Esto muestra que el proyecto implementado brinda un tiempo de desarrollo más óptimo.

**Figura 46**

*Porcentaje de tiempo empleado por el experto 4 tradicionalmente.*



*Nota:* En esta figura se muestra el porcentaje de tiempo empleado por el experto 4 tradicionalmente.

En la Figura 47 se evalúa el tiempo en porcentaje ocupado por el experto 5 de forma tradicional. Donde el 73,17% es el tiempo empleado por dicho experto en análisis nutricional y 26,83% requería el sistema de software, mostrando un mejor tiempo cuando se implementa este proyecto.

**Figura 47**

*Porcentaje de tiempo empleado por el experto 5 tradicionalmente.*



*Nota:* En esta figura se muestra el porcentaje de tiempo empleado por el experto 5 tradicionalmente.

En la Figura 48 se evalúa el tiempo en porcentaje ocupado por el experto 6 de forma tradicional. Donde el 72,92% es el tiempo empleado por dicho experto en análisis nutricional y 27,08% requiere el sistema de software, mostrando un mejor tiempo cuando se implementa este proyecto.

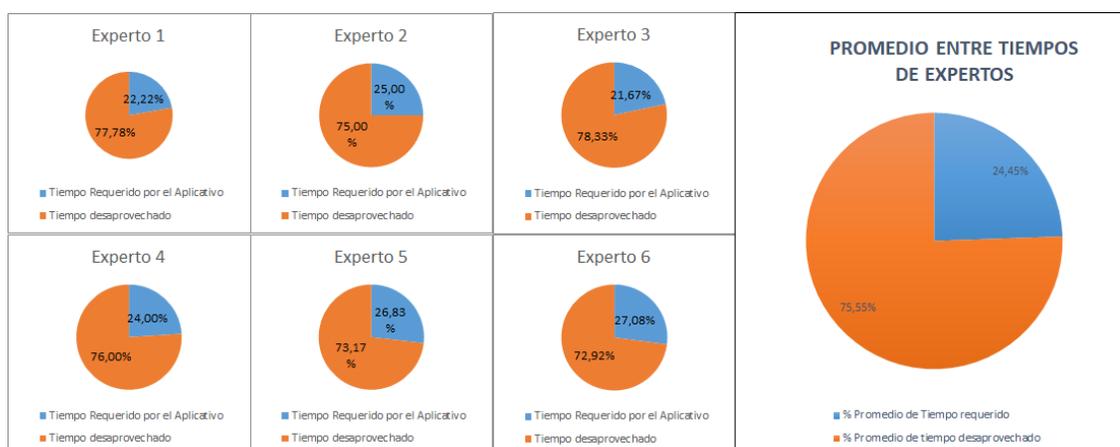
#### **Figura 48**

*Porcentaje de tiempo empleado por el experto 6 tradicionalmente.*



*Nota:* En esta figura se muestra el porcentaje de tiempo empleado por el experto 6 tradicionalmente.

En la Figura 49 se visualiza el análisis comparativo que muestra evidentemente que el aplicativo es mucho más eficiente en cuestión de tiempo de respuesta con el realizado por tradicionalmente, obteniendo un 75.55% de tiempo que se puede aprovechar.

**Figura 49***Análisis Comparativo.*

*Nota:* En esta figura se muestra el análisis comparativo que muestra la eficiencia del sistema.

Bajo este contexto se detallan un comparativo de indicadores entre las formas tradicionales y la forma automática para obtener una nutrición adecuada producto de la presente investigación. A continuación, se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6***Comparativo entre las formas de obtener una nutrición adecuada.*

Indicador	Forma tradicional	Forma Automática
Tiempo de análisis por caso	+/- 5 minutos.	+/- 1 minuto con 12 segundos.
Porcentaje de exactitud	98.33%	98.33%
Costos de consultar	\$40	\$0

*Nota:* En esta tabla se muestra la comparativa entre las formas de obtener una nutrición adecuada.

El análisis comparativo muestra que el tiempo de análisis por caso de forma tradicional es de un aproximado de cinco minutos, mientras que con el aplicativo el tiempo fue un aproximado de un minuto con doce segundos. Además, el porcentaje de exactitud de respuesta es de 98.33%, esto quiere decir que respuestas obtenidas son

prácticamente las mismas, es decir el sistema emula a un experto y permite dar apoyo a la nutrición de aves en granjas avícola, sin comprometer la calidad del producto de ninguna manera. Cabe mencionar que en cuestión de costo la forma tradicional es más costosa que la forma automática.

El documento de entrega y recepción del sistema experto que permite dar apoyo a la nutrición avícola se ven reflejados en el Anexo 8, numeral 2 (Acta entrega - recepción). Esto certifica que la investigación planteada cumple con todas las funcionalidades requeridas por la granja avícola "Milton Mario".

La carta de aceptación evidenciada en el Anexo 8, numeral 3 (Acta de validación y aceptación) indica la validez de los resultados obtenidos por el aplicativo (sistema experto que permite dar apoyo a la nutrición avícola), los cuales fueron tratados en este capítulo.

## CAPÍTULO V

### Conclusiones.

- Se construyó un sistema experto que permitió dar apoyo a la nutrición de las aves en la granja avícola “Milton Mario”, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi. Mejorando el diagnóstico nutricional de las aves ponedoras. Aumentando la calidad de los productos de la granja debido a la eficiencia del 98.33% entre el método tradicional y el sistema planteado en esta investigación.
- La elaboración del marco teórico facilitó la obtención de información concerniente a avicultura y los procesos que conlleva una adecuada nutrición avícola. Así como también la conceptualización del software y sus metodologías, ciclos de vida, técnicas y herramientas. Tomando en consideración aquellos métodos del campo de aprendizaje automático utilizados por la inteligencia artificial. Permitiendo profundizar aquellos conceptos necesarios para el desarrollo e implementación del sistema propuesto en la presente investigación.
- El uso de la metodología Mobile-D y Buchanan permitió establecer procesos formales de ingeniería de software, agilizar y reducir tiempo de desarrollo de los programadores, obtener resultados funcionales en cada una de las etapas para conseguir un sistema eficiente y de calidad que cumplan con las necesidades establecida por la granja avícola.
- El estándar IEEE facilitó obtener aquellas necesidades requeridas por parte de la granja avícola “Milton Mario”, a través de la elaboración de un documento que facilite el entendimiento entre los expertos avícolas y

desarrolladores para el desarrollo del aplicativo propuesto en esta investigación

- El uso del algoritmo de aprendizaje supervisado “árbol de decisiones”, permitió realizar la predicción de los tipos de alimentos adecuados para las aves, estableciendo la nutrición avícola correspondiente. Gracias a esto se obtiene cantidades exactas de alimentos, favoreciendo a la economía de la granja avícola con la reducción de gastos en asesoría técnica y en el uso inadecuado de cantidades nutricionales que no llevan un desarrollo homogéneo en las aves ponedoras.
- La evaluación de los resultados obtenidos del modelo de predicción (árbol de decisión) a través del uso de la matriz de confusión multiclase, permite determinar de manera sencilla y precisa el número de elementos que han sido correctamente predichos, es decir aquellos valores que pertenecen a los verdaderos positivos, verificando su precisión y efectividad.
- Se dividió aleatoriamente los 4000 datos históricos (muestra obtenida) correspondiente a la alimentación avícola generada en la granja avícola “Milton Mario”, en 80% (3200 datos históricos) y 20% (800 datos históricos) para entrenamiento y pruebas respectivamente, lo que permite evitar el sobre ajuste (over fitting) y desajuste (under fitting)
- La comparación efectuada entre el método tradicional de diagnóstico alimenticio y el aplicativo desarrollado en la presente propuesta, determino que el aplicativo permite mejorar el tiempo de respuesta en un 75.55% reduciéndose de aproximadamente 5 minutos a 1 minuto con 12 segundos en promedio, gracias a este aplicativo se obtiene prácticamente la misma asesoría, pero si el costo que implicaría.

## Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la metodología Mobile-D para el desarrollo de aplicaciones móviles, ya que facilita ciclos de desarrollo rápidos en grupos pequeños, detectándose errores tempranos, los cuales son solventados dentro del proceso desarrollo y de esta manera obtener aplicaciones software de calidad.
- Se recomienda dar capacitación a todo el personal de avicultores y técnicos en alimentación animal que sean nuevos en la empresa (granja avícola “Milton Mario”) sobre el uso y funcionamiento del aplicativo software desarrollado en la presente investigación.
- Se recomienda que la aplicación desarrollada sea utilizada por avicultores y técnicos en alimentación animal con el fin de optimizar el diagnóstico de alimenticio de aves ponedoras.
- Se recomienda que para tener un buen rendimiento de la aplicación se recomienda el uso de un dispositivo con versión mínima de Android 7.0 o una computadora con Windows 7 y una estable conexión a internet.
- Se recomienda investigar el uso de otros algoritmos inteligentes, realizar una comparación y ver cuál es el más factibles para su aplicación.
- Se recomienda hacer uso de la plataforma de almacenamiento Firebase debido a que aporta con múltiples servicios a los desarrolladores y el costo de utilización es bajo.
- se recomienda investigar sobre una herramienta que permita realizar desarrollar aplicativo con el Framework Kivy y el lenguaje de programación Python.

- Se recomienda a futuro incrementar funcionalidades en la aplicación como notificaciones, sistema de ventas y geolocalización.
- Se recomienda a futuro incrementar los tipos de alimento a ser detectados y la automatización en el diagnóstico de alimento en otras granjas avícolas.

## Bibliografía

- Aguayo, J. (2014). *Métricas de calidad y el desarrollo de software competitivo en la empresa j-m software developer de la ciudad de Ambato.*
- Aguilar, R. M., Torres, J. M., & Martín, C. A. (2018). Aprendizaje Automático en la Identificación de Sistemas. Un Caso de Estudio en la Predicción de la Generación Eléctrica de un Parque Eólico. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 16(1), 114. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020 de <https://doi.org/10.4995/riai.2018.9421>
- Alulema, D. (2015). *Procesamiento de lenguaje natural aplicado a la evaluación de personalidad por medio de test proyectivos de frases incompletas.*
- Alvarado, C., & Ricardo, J. (2015). *Desarrollo de una aplicación, para dispositivos móviles que permita administrar pedidos y controlar ruta de los vendedores.* 129.
- Alvarez Agreda, M. S. (2013). *Implementación de un sistema experto como apoyo en el diagnóstico de enfermedades y manejo de expedientes clínicos.* 178.
- Amazon. (2016). *¿Qué es el almacenamiento en la nube? | Backup en la nube | AWS.* Recuperado el 4 de Julio de 2020 de <https://aws.amazon.com/es/what-is-cloud-storage/>
- Arias, C., & Lomas, P. (2013). *Análisis de los factores que determinan la sostenibilidad y sustentabilidad de la economía social y solidaria para la crianza y comercialización de aves en pie, derivados y faenados en los cantones de Quito, Cayambe y Pedro Moncayo.*
- Armas Cadena, C., Quimí, R. D., & Peláez, P. D. E. (2012). *Análisis , diseño y desarrollo de un sistema experto con tecnología web open source para la selección de personal de una organización a través de un test psicológico.* 8.
- Auz, J. (2016). *Diseño e implementación de una aplicación móvil para el proceso de reservación de habitaciones en el Hostal Quinte Sur.* 109.
- Barbado, J. L. (218 C.E.). *Manual de avicultura 2º año ciclo básico agrario.* 105.
- Barrios Arce Juan Ignacio. (2019). *La matriz de confusión y sus métricas - Inteligencia Artificial.*

- Beltrán, M. (2015). *Diseño e implementación de un nuevo clasificador de préstamos bancarios a través de la minería de datos*. 2015(Mide I), 1–555.
- Bueso, A. (2011). *Beneficios del diformiato de sodio en gallinas ponedoras - Engormix*.
- Cabello, A., García, A., Figuera, B., Higuera, Y., & Vallenilla, O. (2013). Calidad físico-química de La harina de pescado venezolana. *Saber*, 25(4), 414–422.
- Cabrera, L., & Espinoza, E. (2016). *Propuesta tecnológica de una aplicación móvil para la gestión de toma de pedidos en “Fruti Cafe” en la ciudad de Guayaquil*. 135.
- Carbonero, P. (2000). *Complementos de Bioquímica: Enzimas*.
- Castro, V., Andrea, N., Tovar, S., & Adriano, C. (2015). *Sistema experto de diagnóstico de enfermedades tropicales más comunes y de notificación obligatoria en el Ecuador*.
- CCPA. (2018). *El enfoque de nutrición avícola | CCPA*. Recuperado el 28 de Octubre de 2020 de <https://www.groupe-ccpa.com/es/enfoque-nutricional-avicola>
- Certified Humane B. (2018). *Gallinas ponedoras*.
- Chicas, R. W., Contreras, H. E., Cortez, R. P., & Gutierrez, D. W. (2004). *Investigación aplicada al área de inteligencia artificial y desarrollo de un sistema experto*. 289.
- Chiriboga, A. R. (2019). *Estudio del estímulo lumínico sobre los parámetros productivos del pollo broiler, en la granja experimental la pradera*. Universidad Técnica del Norte.
- Chirivella, V. (2019). Hipótesis en el modelo de regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios. *Univeridad Politécnica de Valencia*, 8.
- Community Kivy. (2012). *Kivy: Cross-platform Python Framework for NUI*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2020 de <https://kivy.org/>
- CONAVE. (2020). *Inicio | Conave*. Recuperado el 29 de Agosto de 2020 de <https://www.conave.org/>
- Cordova, F., & Cuzco, E. (2013). Análisis comparativo entre bases de datos relacionales con bases de datos no relacionales. *Tesis Previa a La Obtención Del Título de: Ingeniero En Sistemas*, 1, 88.
- Curiel Robles, A. (2013). *Sistema Experto Basado En Reglas Para Una Aplicación De Monitorización De Producción Industrial*. 68.

- Deborah. (2015). *Definición de Herramientas - Qué es, Concepto y Significado*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020 de <https://www.definicion.co/herramientas/>
- Draelos, R. (2019). *Measuring Performance: The Confusion Matrix*. GLASS BOX. Recuperado el 01 de Marzo de 2021 de <https://glassboxmedicine.com/2019/02/17/measuring-performance-the-confusion-matrix/>
- EcuRed. (2014). *Desarrollo de software - EcuRed*. Recuperado el 2 de Julio de 2020 de [https://www.ecured.cu/Desarrollo\\_de\\_software](https://www.ecured.cu/Desarrollo_de_software)
- EcuRed. (2019a). *Framework - EcuRed*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020 de <https://www.ecured.cu/Framework>
- EcuRed. (2019b). *Lenguaje de programación (informática)*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2020 de [https://www.ecured.cu/Lenguaje\\_de\\_programación\\_\(informática\)](https://www.ecured.cu/Lenguaje_de_programación_(informática))
- El Herald. (2018). *El sector avícola en números - El Herald*. Recuperado el 31 de Agosto de 2020 de <https://www.elheraldo.com.ec/el-sector-avicola-en-numeros/>
- Engormix. (2021). *BMD Promotor de crecimiento Provimi para aves y cerdos*. Recuperado el 01 de Marzo de 2020 de [https://www.engormix.com/provimi-colombia/bmd-promotor-crecimiento-provimi-aves-cerdos-sh15055\\_pr33629.htm](https://www.engormix.com/provimi-colombia/bmd-promotor-crecimiento-provimi-aves-cerdos-sh15055_pr33629.htm)
- Escobar-Sánchez, M. E., & Fuertes-Díaz, W. M. (2015). Modelo formal de pruebas funcionales de software para alcanzar el Nivel de Madurez Integrado 2. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, 24(39), 31–42.
- FAO. (2001). *Nutrición y alimentación | Producción y productos avícolas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 22 de Octubre de 2020 de <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/nutrition-feeding/es/>
- FAO. (2020). *Producción | Producción y productos avícolas | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2020 de <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Farchild, B. (2012). *Control de factores ambientales en la crianza de pollitos*.

Recuperado el 28 de Septiembre de 2020 de <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2187/control-de-factores-ambientales-en-la-crianza-de-pollitos-1/>

Fernández, A. (2014). *Los efectos de dietas con alto contenido en fibra sobre el rendimiento de pollos criados para la producción de huevos o carne - Agrinews*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020 de <https://agrinews.es/2014/02/13/los-efectos-sobre-el-rendimiento-de-los-pollos-criados-para-la-produccion-de-huevos-o-carne-con-dietas-con-alto-contenido-en-fibra>

Fernando, B. (2018). *de información El ciclo de vida de un sistema de información*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020 de <http://flanagan.ugr.es/docencia/2005-2006/2/apuntes/ciclovida.pdf>

Firestore. (2020). *Firestore*. Recuperado el 4 de Julio de 2020 de <https://firebase.google.com/?hl=es>

FUDE. (2020). *La importancia de la alimentación en la avicultura | FUDE*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2020 de <https://www.educativo.net/articulos/la-importancia-de-la-alimentacion-en-la-avicultura-723.html>

Gallina Castellana Negra. (2020). *Gallina Castellana Negra: El Maíz Para Las Gallinas*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020 de <https://www.tri-tro.com/alimentacion-de-las-gallinas/el-maiz-para-las-gallinas/>

Gallinas ponedoras. (2020). *Factores importantes que afectan la producción de huevos en gallinas ponedoras | Gallinas ponedoras*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2020 de <https://www.gallinaponedora.com/factores-importantes-que-afectan-la-produccion-de-huevos-en-gallinas-ponedoras/>

General Afitex. (2018). *Huevo fecundado ponedoras*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020 de <https://generalafitex.com/es/avicultura/huevo-fecundado-de-ponedoras.html>

Gil Espert, L. (n.d.). *Sistemas Expertos De Asistencia En El Diseño De Estructuras*.  
CAPÍTULO 6.

Giráldez, J. I. (1999). *Modelo de toma de decisiones y aprendizaje en sistemas multi-agente*.

Girón, J. (2017). *Manejo de las vacunas en ponedoras comerciales*. 1–5.

- Gómez, L. S. M. (2000). *Diseño de Interfaces de Usuario Principios, Prototipos y Heurísticas para Evaluación*. January 2000, 13.
- González, D. (2010). *Algoritmos de Agrupamiento basados en densidad y Validación de clusters*. 183.
- González, C. E. (2016). *Clasificación automática de textos cortos por género y grupo etario*. X, 1–21.
- González, J. (2009). *Documento de Arquitectura de Software*.
- Granja Santa Isabel. (n.d.). *Granja Santa Isabel - Ponedora Blanca*. Retrieved August 13, 2020, Recuperado el 13 de Agosto de 2020 de <https://www.granjasantaisabel.com/gallinas-ponedoras/ponedora-blanca.php>
- GRAPH EVERY WHERE. (2019). *Bases de datos NoSQL vs SQL | Bases de datos no relacionales vs relacionales*. Recuperado el 05 de Octubre de 2020 de <https://www.grapheverywhere.com/nosql-vs-sql/>
- Guillermo Díaz Arango. (2012). *El calcio y fósforo como protagonistas en la nutrición de ponedoras - El Sitio Avicola*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020 de <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2137/el-calcio-y-fasforo-como-protagonistas-en-la-nutrician-de-ponedoras/>
- Herrero, C. (1995). Consideraciones nutricionales en la formulación y alimentación para postura aplicadas a la explotación de huevos en Centro America. *Nutrición Animal Tropical*, 2(1), 51–65.
- Herreros, A., & Monteagudo, A. (2018). *Desarrollo de infraestructura GTD multiplataforma*.
- Hurtado, S., & Manco, O. (2007). *Diseño de un sistema experto difuso: Evaluación de riesgo crediticio en firmas comisionistas de bolsa para el otorgamiento de recursos financieros\**. Recuperado el 25 de Febrero de 2021 de [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(07\)70019-0](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(07)70019-0)
- Informatica IV. (n.d.). *Lenguajes de programación*.
- Jaramillo D. (2020). *Avicultura de Cotopaxi se impulsará mediante comercialización directa – Ministerio de Agricultura y Ganadería*.
- José, F., & Peñalvo, G. (2019). *Ingeniería de Software I*.

- Larrañaga, P., Inza, I., & Moujahid, A. (2018). Clasificadores Bayesianos. *Society*, 1–17.
- Laudon, C. (n.d.). Conceptos de Informática, Computación, Hardware y Software. In *Seminario de Informática* (pp. 1–52).
- León, J. (2000). *Normas y estándares*. 0–54.
- León Martínez, N., Aguilar Garcia, J., Vega Morales, E., & Gómez Flórez, L. (2013). Herramienta computacional para la documentación de pruebas de software enmarcado en actividades de investigación. *Scientia et Technica*, 18(4), 682–689. Recuperado el 7 de Marzo de 2021 de <https://doi.org/10.22517/23447214.8883>
- Leon, X. A. (2018). *Presentada por: Xavier Alejandro León Vega*. 2018(cc).
- León, Y., Góngora, A., & Estrada, A. (2013). Aplicando métricas de calidad a proyectos y procesos durante las pruebas exploratorias. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 7(2), 193–205.
- Leontiev, a. (1983). *El desarrollo del software*. 1–12.
- Leyva, A., Carreño, M., & Estrada, I. (2016). Desarrollo de una herramienta tipo m-Learning utilizando la metodología Mobile-D, como apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje de la programación lineal. *Revista Colombiana de Computación*, 17(1), 7–22. Recuperado el 23 de Septiembre de 2020 de <https://doi.org/10.29375/25392115.2620>
- Lino, A., Rocha, Á., & Sizo, A. (2016). Virtual teaching and learning environments: Automatic evaluation with symbolic regression. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 31(4), 2061–2072. Recuperado el 25 de Febrero de 2021 de <https://doi.org/10.3233/JIFS-169045>
- Llvisaca, L. (2011). *Introduccion a la avicultura*.
- Lohmann, T. (2013). *Lohmann brown-Classic*. 35.
- López, L. A. (2017). *Desarrollo de una aplicación móvil para acceso a la información de los colaboradores de la empresa grupo tea del Ecuador*. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- López, M. C. (2014). *Condiciones de posibilidad técnicas y sociales para la creación de máquinas pensantes*.
- Lozano, A. G., & Orduz, J. J. (2015). *Diseño de un sistema de visión artificial para la*

- revisión del nivel de llenado de bebidas embotelladas*. 3(2), 54–67.
- Lucas, M. (2017). *Diseño de sistema experto para el diagnóstico y análisis de fallas en la sic memoria*.
- Luque, C. M. (2003). *Clasificadores bayesianos*. 1–3.
- Madrid-Garcés, T. A., López-Herrera, A., & Parra-Suescún, J. E. (2018). Effect of inclusion of essential oil of oregano (*Lippia organoides*) on lipid profile in broiler meat. *Vitae*, 25(2), 75–82. Recuperado el 4 de Septiembre de 2020 de <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n2a03>
- MAIZSOYA. (2018). *Ecuador no puede ser autosuficiente en soya*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020 de <http://www.maizsoya.com/lector.php?id=20180913&tabla=articulos>
- Maldonado, J. R. (2016). *Desarrollo e implementación de un sistema web de seguimiento y evaluación de las prácticas pre-profesionales para la facultad de ingeniería escuela civil de la puce*. 198.
- Malpica, J. (2008). Inteligencia Artificial y conciencia. *Departamento de Matematica de La UAH*, 11.
- Mantilla, I. del R., & Mejía, J. P. (2014). *Efecto del suministro de dos presentaciones de alimento en gallinas ponedoras Lohmann Brown durante la etapa de producción*. 160.
- María Gabriela Castellanos. (2016). *Balanceado o comida de casa, ¿cuál es la mejor opción? | El Comercio*. EL COMERCIO. Recuperado el 06 de Noviembre de 2020 de <https://www.elcomercio.com/narices-frias/beneficios-balanceado-comidacaser-alimentacion-mascotas>.
- María, M. C., & Meda, E. (2010). *Integración de Minería de Datos y Sistemas Multiagentes: un campo de investigación y desarrollo*.
- Martínez, F., & Campoy, A. (2011). *Aplicaciones Para dispositivos móviles*. 1–65.
- Matem, C. (2011). *Análisis De Métodos, Técnicas Y Herramientas De Verificación Y Validación De Software Usados Por Empresas Ecuatorianas Desarrolladoras De Software*. 153.
- Mayerly, R. L. (2019). Proyectos de software quality in gathering requirements in

- software. *Universidad Militar Nueva Granada*, 1–16.
- Medicinas Veterinarias. (2019). *MILBOND TX – Medicinas Veterinarias*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2020 de <https://www.medicinasveterinarias.com/product/milbond-tx/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Crianza de gallinas de postura, alternativa sustentable para los avicultores de Salcedo – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Recuperado el 19 de Enero de 2021 de <https://www.agricultura.gob.ec/crianza-de-gallinas-de-postura-alternativa-sustentable-para-los-avicultores-de-salcedo/>
- MIPROMA. (2017). *Metionina en aves de corral*. Recuperado el 01 de Marzo de 2021 de <https://miproma.es/metionina-aves-corral>.
- Molano Cetina, L. G. (2011). Tesis de grado. *Biomédica*, 31(sup3.2). Recuperado el 27 de Octubre de 2020 de <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.530>
- Monferrer Agut, R. (2000). Especificación de Requisitos Software según el estándar de IEEE 830. *Especificación de Requisitos Software Según El Estándar de IEEE 830*, 19.
- Monge Acuña, V. (2015). La codificación en el método de investigación de la Grounded Theory o Teoría Fundamentada. *Innovaciones Educativas*, 17(22), 77–84. Recuperado el 30 de Diciembre de 2020 de <https://doi.org/10.22458/ie.v17i22.1100>
- Mora Rioja, A. (2014). *Bases de datos : diseño y gestión*. 200.
- Moreno, A., Armengol, E., Bejar, E., Belanche, L., Cortez, U., Gavalda, R., Lopez, B., & Sanchez, M. (2004). *Aprendizaje automático*.
- Muñoz, C. A. (2020). *Aplicación de la metodología mobile-d en el desarrollo de una app móvil para gestionar citas médicas del centro jel Riobamba*.
- NIH. (2016). Datos sobre la Colina. *National Institutes of Health*.
- NIH. (2019). *Definición de ácido - Diccionario de cáncer - Instituto Nacional del Cáncer*.
- Novakovic, J. D., Veljovi, A., Ilic, S., Papic, Z., & Tomovic, M. (2017). Evaluation of Classification Models in Machine Learning. *Theory and Applications of Mathematics & Computer Science*, 7(1), 39–46.
- Nutricion A. (2015). Manual De Manejo Ponedoras. *Solla*, 1–13. Recuperado el 26 de

Octubre de 2020 de

[https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual De Manejo Ponedoras Para Huevo Comercial\\_0.pdf](https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual De Manejo Ponedoras Para Huevo Comercial_0.pdf)

- Ortiz, M., & Torres, M. (2014). *Creación de un sistema experto probabilístico para simular los resultados de la competencia de equipos de fútbol de la categoría A del campeonato ecuatoriano por medio de motores de inferencias*. 214.
- Park, C. K., & Kim, D. G. (2012). Cross-Validation. *Arizona*, 25, 1–12. Recuperado el 30 de Diciembre de 2020 de <https://doi.org/10.1159/000331070>
- Parkeadores. (n.d.). *Lenguaje de medio nivel*. Retrieved January 25, 2021, Recuperado el 25 de Enero de 2021 de <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/715463>
- Parra Urrea, A. (2013). Especificación de requisitos de software para el sistema de ficha clínica del CECH. *Universidad Del Bío-Bío. Red de Bibliotecas - Chile*, 8–117.
- Pecuarios. (2000). *Allzyme*. Recuperado el 01 de Marzo de 2021 de <https://www.porcicultura.com/producto/Allzyme®-Vegpro>
- Peña, J. A. S. (2019). *Modelo De Aprendizaje Automático Para La Predicción De La Calidad Del Café*.
- Pérez, M. (2017). *Aplicación de la Ciencia de Datos para la predicción de la Demanda*. Recuperado el 25 de Febrero de 2021 de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91321/fichero/30263137J+-+Marta+Pérez+Ramis.pdf>
- Pérez, T., & Muriel, A. (2018). *Validación interna de modelos de regresión logística comando Validation (Stata)*. 54.
- Pressman, R. (2002). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*.
- Puruncajas Milton. (2019). *Estrategias de comercialización para incrementar el volumen de ventas en la avícola "Milton Mario" del cantón Saquisilí de la provincia de Cotopaxí*.
- Python Software Foundation. (2001). *Welcome to Python.org*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2020 de <https://www.python.org/>
- Raffino M. E. (2020). *Base de Datos - Concepto, tipos y ejemplos*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2020 de <https://concepto.de/base-de-datos/>

- Real Escuela de Avicultura. (2021). *Selecciones Avícolas - Vitaminas D para ponedoras*. Recuperado el 01 de Marzo de 2021 de <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2017/08/vitaminas-d-ponedoras>
- Real Escuela de Avicultura MEDIA. (2019). *Lo que hay que saber del control ambiental en avicultura - Avicultura*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2020 de <https://avicultura.com/lo-que-hay-que-saber-del-control-ambiental-en-avicultura/>
- RedHat. (2016). *¿Qué es el almacenamiento en la nube?* Recuperado el 4 de Julio de 2020 de <https://www.redhat.com/es/topics/data-storage/what-is-cloud-storage>
- Riquelme, J. C., Ruiz, R., & Gilbert, K. (2006). Minería de datos: Conceptos y tendencias. *Inteligencia Artificial*, 10(29), 11–18.
- Rivas-Echeverría\*, C., Sánchez, R., & Molina, L. (2006). Sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de los desórdenes hipertensivos del embarazo. *Ciencia e Ingeniería*, 28(1), 25–31.
- Roche, A. (2009). *Árboles de decisión y Series de tiempo*. 83.
- Rojas, F., & Gomez, C. (2015). Funcionalidades de la minería de datos. *Ingeniería y Región*, 12(2), 31. Recuperado el 11 de Marzo de 2021 de <https://doi.org/10.25054/22161325.728>
- ROLDÁN, M. A. P. (2019). *Evaluación de los parámetros productivos de pollos COBB 500 alimentados con dos balanceados comerciales*.
- ROSALES-CONDE, J. M., & TANG, T. (2006). Composición Química Y Digestibilidad De Insumos Alimenticios De La Zona De Ucayali. *Folia Amazónica*, 8(2), 13. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020 de <https://doi.org/10.24841/fa.v8i2.318>
- Salud, I. Y., & Torrico, Z. (2013). *Universidad Mayor de San Andrés*. 85-87.
- Sánchez, J. (2012). Software 1. *RED Circulos*, 10.
- Sandoval Serrano, L. (2018). *Algoritmos de aprendizaje automático para análisis y predicción de datos*. 36–40.
- Santana, J. C. (2006). Predicción de series temporales con redes neuronales: Una aplicación a la inflación Colombiana. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1), 77–92.
- SAS Institute Inc. (2019). *Inteligencia artificial – Qué es y por qué es importante | SAS*.

- Recuperado el 27 de Septiembre de 2020 de [https://www.sas.com/es\\_ar/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html](https://www.sas.com/es_ar/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html)
- Silva, A. (2016). Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos pos cosecha de theobroma cacao L. *Universidad Técnica de Ambato*, 58.
- Sommerville, I. (2011). Procesos de Software. *Ingeniería de Software*, 36–38.
- Sposito, O. M., Ryckeboer, H. L., & Bossero, J. (2008). *Aplicación de técnicas de minería de datos para la evaluación del rendimiento académico y la deserción estudiantil*.
- TADEC. (n.d.). *Lofac Broiler | TADEC*. Retrieved March 1, 2021, Recuperado el 1 de Marzo de 2021 de [http://www.tadec.com.ec/producto.php?id\\_cat=11&id\\_prod=79](http://www.tadec.com.ec/producto.php?id_cat=11&id_prod=79)
- Tapia., S. R. (2017). Estudio de Mercado Avícola enfocado a la Comercialización del Pollo en Pie, año 2012-2014. *Universitas Nisantara PGRI Kediri*, 01, 1–7.
- Techlib. (2020). *Definición de lenguaje de bajo nivel*. Recuperado el 25 de Enero de 2021 de [https://techlib.net/definicion/low-level\\_language.html](https://techlib.net/definicion/low-level_language.html)
- TechLib. (n.d.). *IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) Definición*, Recuperado el 7 de Marzo de 2021 de <https://techlib.net/definicion/ieee.html>
- Tecnología informática. (2019). *Dispositivos de almacenamiento de información*. Recuperado el 3 de Julio de 2020 de <https://www.tecnologia-informatica.com/dispositivos-de-almacenamiento-informacion/>
- Teresa, E. M. (1997). *Desarrollo de un sistema experto para evaluar la factibilidad de participar en un concurso de obra*.
- Torres, M. (2015). *Evaluación de dos sistemas de alimentación de tres tipos de alimentos en aves de traspatio Caupichu III, Pichincha 2015*.
- Urbano, M. (1994). *Inteligencia Artificial*. 11–37.
- Vargas, O. (2016). Avicultura. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Velaochaga, H. T. (2008). Los Organismos Reguladores de Servicios Públicos. *Revista de Derecho Administrativo*, 0(4), 89–106.
- Vera, H., & Pinargote, M. (2012). *Adición De Carbonato Cálcico Y Su Repercusión*

*Económica Sobre El Grosor Del Cascarón En Ponedoras*. 3(1), 1–8.

voigtmann. (2005). *Implementación - definición*. Recuperado el 2 de Julio de 2020 de <https://www.voigtmann.de/es/desarrollo-de-software/implementacion/>

Zumba, P., & León, A. (2018). Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 20–33.

**Anexos**