



## **DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

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

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AVÍCOLA DE PRECISIÓN  
MEDIANTE CONTROLADORES INDUSTRIALES PARA IOT, A FIN DE  
OPTIMIZAR RECURSOS EN EL GALPÓN DE CRIANZA DE AVES DE  
POSTURA EN LA EMPRESA PROALISAN**

**AUTOR: SÁNCHEZ MAYORGA, MILTON RICARDO**

**DIRECTOR: ING. MENDOZA CHIPANTASI, DARIO JOSÉ**

**LATACUNGA**

**2019**



**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “ **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AVÍCOLA DE PRECISIÓN MEDIANTE CONTROLADORES INDUSTRIALES PARA IOT, A FIN DE OPTIMIZAR RECURSOS EN EL GALPÓN DE CRIANZA DE AVES DE POSTURA EN LA EMPRESA PROALISAN**” fue realizado por el señor **Sánchez Mayorga, Milton Ricardo**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 19 de Julio del 2019.**



**ING. DARIÓ MENDOZA**  
C.C. 0603110834  
DIRECTOR



## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Sánchez Mayorga, Milton Ricardo**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“Implementación de un sistema avícola de precisión mediante controladores industriales para IoT, a fin de optimizar recursos en el galpón de crianza de aves de postura en la empresa PROALISAN”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Latacunga, 19 de Julio del 2019.**

**Milton Ricardo Sánchez Mayorga**  
C.C.: 1803951910



**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Sánchez Mayorga, Milton Ricardo** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***“Implementación de un sistema avícola de precisión mediante controladores industriales para IoT, a fin de optimizar recursos en el galpón de crianza de aves de postura en la empresa PROALISAN”*** en el repositorio institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 19 de Julio del 2019.**

**Milton Ricardo Sánchez Mayorga**  
C.C.: 1803951910

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de lo dedico a mis padres, Milton y Azucena quienes me han formado a lo largo de toda mi vida para ser una buena persona, y han sido el pilar fundamental para lograr culminar esta etapa de mi vida. A mis hermanos, Álvaro, Gaby y Pamela que siempre han estado pendientes, animándome y apoyándome en todo momento a pesar de todas las dificultades, a mi cuñada Verónica por el apoyo y la ayuda brindada.

En fin a toda mi familia tíos, tías y primos que han estado pendientes de mi formación personal y profesional con muestras de cariño y aprecio a lo largo de mi vida siendo siempre una bendición para mí.

**Ricardo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios en primer lugar por ser el que me ha dado todo en la vida, por regalarme los padres, hermanos que tengo, la familia y todas las bendiciones de vida, para lograr terminar esta etapa universitaria.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por todos los conocimientos adquiridos, también a los docentes por la paciencia, enseñanzas y valores, que me ayudaran en el desarrollo profesional.

Gracias a Todos...

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5

### CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

2.1 Internet de las cosas (IoT).....	7
2.2 Acrónimos utilizados en IoT.....	8
2.3 Definiciones generales IoT.....	10
2.4 Estado del Arte IoT.....	11
2.5 IoT en la Avicultura.....	11
2.6 Requisitos Técnicos para implementar IoT.....	13
2.6.1 Sensores.....	14
2.6.2 Actuadores.....	19
2.7 Fuente de energía para IoT.....	23
2.8 Controladores para IoT en la Avicultura.....	24
2.8.1 Vision700 Controlador lógico programable.....	25
2.8.2 Ventajas y Desventajas del uso de Sistemas de Precisión.....	26
2.9 Definición y Tipos de Software.....	26
2.9.1 Software de Sistema.....	27
2.9.2 Software de Aplicación.....	27
2.10 Aplicaciones Móviles en la Industria.....	28
2.11 Ambiente necesario de aves de postura en galpones de crianza.....	29
2.11.1 Temperatura y humedad deseable para las aves.....	30
2.11.2 Luminosidad.....	31
2.11.3 Programa de iluminación tras recepción de pollitas en granja.....	32
2.11.4 Programa de iluminación para galpones abiertos.....	32
2.11.5 Programa de iluminación para galpones cerrados.....	33
2.12 Calidad de agua.....	35



2.13 Alimentación y crecimiento .....	36
---------------------------------------	----

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA**

3.1 Introducción .....	38
3.2 Planificación del sistema .....	38
3.3 Dimensión y Sistema de crianza de la Nave de Producción .....	39
3.4 Alimentación de Energía Eléctrica .....	40
3.5 Calefactores Diésel .....	42
3.6 Ventiladores y Extractores .....	44
3.7 Entradas de aire .....	45
3.8 Iluminación .....	46
3.9 Almacenamiento y distribución de Alimento .....	48
3.10 Selección de Componentes .....	49
3.11 Método de Factores Ponderados .....	49
3.12 Selección del controlador .....	50
3.12.1 Criterio de Selección de Controlador .....	54
3.13 Selección de módulo de entradas y salidas .....	55
3.14 Fuente de alimentación .....	56
3.15 Selección de Sensor de humedad y temperatura .....	57
3.15.1 Criterio de selección del sensor de humedad y temperatura .....	60
3.16 Selección de Sensor de peso .....	61
3.16.1 Criterio de selección para el sensor de peso .....	62
3.17 Selección de Sensor de luminosidad .....	63
3.18 Módulo de recepción de datos de sensores .....	64

## **CAPÍTULO IV DESARROLLO DEL SISTEMA**

4.1 Modo de Operación Manual del Galpón.....	65
4.2 Modo Automático del Galpón .....	67
4.2.1 Construcción de tablero para PLC .....	67
4.2.2 HMI .....	69
4.3 Programación Del PLC.....	70
4.4 Climatización.....	72
4.4.1 Modo Automático .....	74
4.4.2 Modo manual.....	75
4.5 Iluminación.....	76
4.5.1 Control Manual.....	77
4.5.2 Control Automático .....	78
4.6 Hidratación.....	79
4.7 Lote 81	
4.8 Alimentación.....	82
4.9 Monitoreo por App Móvil.....	84
4.10 Monitoreo de sensores IoT con Asimetrix .....	87
4.10.1 Temperatura y humedad.....	88
4.10.2 Sensores de peso.....	89
4.10.3 Sensores de luz.....	89
4.10.4 Histórico de Datos de las Variables.....	90

## **CAPÍTULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS**

5.1 Introducción .....	92
5.2 Prueba y evaluación del controlador .....	92
5.3 Prueba de sistemas y evaluación del uso de IOT .....	93
5.3.1 Prueba de Sensores de Peso .....	93
5.3.2 Evaluación del Sistema IoT Versus pesaje Manual .....	93
5.3.3 Pruebas del Sistema IoT de Temperatura .....	95
5.3.4 Pruebas del sistema IoT de luminosidad.....	95
5.4 Análisis de Costos .....	96
5.5 Análisis de Resultados en la crianza de Aves.....	98
5.5.1 Mortalidad.....	98
5.5.2 Uniformidad.....	101
5.5.3 Peso de las Aves.....	102
5.6 Ventajas del Sistema IoT sobre el Sistema de crianza Tradicional.....	105
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1 Conclusiones.....	107
6.2 Recomendaciones .....	108
<b>Bibliografía .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Ventajas y desventajas de los sistemas de precisión</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Temperatura deseada según edad de las aves</i> .....	30
<b>Tabla 3</b> <i>Programa de iluminación para galpones cerrados</i> .....	34
<b>Tabla 4</b> <i>Desarrollo de peso corporal y consumo</i> .....	37
<b>Tabla 5</b> <i>Consumo de Motores</i> .....	40
<b>Tabla 6</b> <i>Selección de Controlador</i> .....	54
<b>Tabla 7</b> <i>Selección de sensor de temperatura y humedad</i> .....	60
<b>Tabla 8</b> <i>Selección de sensor de Peso</i> .....	63
<b>Tabla 9</b> <i>Programa de iluminación</i> .....	78
<b>Tabla 10</b> <i>Tabla de comparación sensor vs pesaje manual</i> .....	94
<b>Tabla 11</b> <i>Descripción de Costos del proyecto</i> .....	97
<b>Tabla 12</b> <i>Mortalidad de aves en L4 y L5</i> .....	99
<b>Tabla 13</b> <i>Uniformidad L4 y L5</i> .....	101
<b>Tabla 14</b> <i>Tabla Peso L4 Y L5</i> .....	103
<b>Tabla 15</b> <i>Ventajas de un Sistema IoT frente a un Tradicional</i> .....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Explicación de IoT y tecnologías afines .....	8
<b>Figura 2</b> Requisitos de implementación IoT .....	13
<b>Figura 3</b> Celdas de Carga.....	15
<b>Figura 4</b> Sensores Fotoeléctricos .....	16
<b>Figura 5</b> Sensores de Humedad .....	17
<b>Figura 6</b> Sensores de Temperatura .....	18
<b>Figura 7</b> Actuadores, Sistema de recolec mediante actuadores IoT. ....	20
<b>Figura 8</b> Actuadores Neumáticos.....	22
<b>Figura 9</b> Actuadores Eléctricos .....	23
<b>Figura 10</b> Fuente de energía para IoT. ....	24
<b>Figura 11</b> Vision700 <sup>TM</sup> Controlador lógico programable + HMI .....	25
<b>Figura 12</b> App Remote Operator de unitronics.....	29
<b>Figura 13</b> Niple de distribución de agua .....	35
<b>Figura 14</b> Módulo de Jaulas Verticales .....	39
<b>Figura 15</b> Modelos de Variadores de Frecuencia LS .....	41
<b>Figura 16</b> Variador de Frecuencia LS .....	42
<b>Figura 17</b> Calefactor Munters .....	43
<b>Figura 18</b> Ventilador y Extractor .....	45
<b>Figura 19</b> Persianas de Entrada de Aire .....	46
<b>Figura 20</b> Sistema de iluminación Elevado .....	47
<b>Figura 21</b> Manguera Led .....	48
<b>Figura 22</b> Silo Metálico de Almacenamiento .....	49
<b>Figura 23</b> Unitronics V700 .....	51
<b>Figura 24</b> Simatic S7-1200 .....	53
<b>Figura 25</b> Módulo de Expansión Snap-in .....	56
<b>Figura 26</b> Fuente de Alimentación de Voltaje .....	57
<b>Figura 27</b> Sensor de Humedad y temperatura .....	58
<b>Figura 28</b> Sensor EE210 .....	59
<b>Figura 29</b> Sensor de peso Asimetrix.....	61

<b>Figura 30</b> Sensor de peso Monoplato PC6D .....	62
<b>Figura 31</b> Sensor de Luminosidad .....	64
<b>Figura 32</b> Modulo de Recepción de Datos .....	64
<b>Figura 33</b> Tablero de Potencia .....	65
<b>Figura 34</b> Diagrama selector cambio Automático-Manual.....	66
<b>Figura 35</b> Construcción de módulo para PLC .....	68
<b>Figura 36</b> Tablero de Control.....	69
<b>Figura 37</b> Pantalla Principal HMI del Proceso.....	70
<b>Figura 38</b> Ladder de programa .....	71
<b>Figura 39</b> Diagrama de Funcionamiento del Proceso .....	72
<b>Figura 40</b> Diagrama de flujo control de Temperatura.....	73
<b>Figura 41</b> HMI Climatización Modo Auto.....	75
<b>Figura 42</b> HMI Modo Manual .....	76
<b>Figura 43</b> Diagrama Funcionamiento Iluminación .....	77
<b>Figura 44</b> HMI Iluminación.....	79
<b>Figura 45</b> Diagrama de Funcionamiento de Hidratación .....	80
<b>Figura 46</b> HMI Hidratación.....	81
<b>Figura 47</b> HMI lote .....	82
<b>Figura 48</b> Diagrama Funcionamiento alimentación .....	83
<b>Figura 49</b> Sinfín de transporte alimento a coches .....	84
<b>Figura 50</b> Ingrese a la App con Clave.....	86
<b>Figura 51</b> Visualización del HMI mediante App.....	86
<b>Figura 52</b> Localización de Sensores en el galpón.....	87
<b>Figura 53</b> Datos de Temperatura y Humedad.....	88
<b>Figura 54</b> Datos de peso y Curva de crecimiento .....	89
<b>Figura 55</b> Datos y curva de luz .....	90
<b>Figura 56</b> Datos de la Temperatura .....	91
<b>Figura 57</b> Curva de temperatura IoT.....	95
<b>Figura 58</b> Curva de Luminosidad.....	96
<b>Figura 59</b> Curvas de la Mortalidad de los Lotes.....	100

<b>Figura 60</b> Curva de la Uniformidad de los Lotes .....	102
<b>Figura 61</b> Comparación Peso corporal .....	104

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se desarrollará un sistema avícola de precisión, capaz de transmitir información sobre las condiciones de un galpón de crianza de aves en tiempo real, para esto se desarrollará un sistema multicapas y consta de i) capa de sensado mediante la tecnología de sensores como: temperatura, luminosidad, humedad y peso; permite controlar la ración de alimentos que debe poseer el lote diariamente, cantidad de agua distribuida, además de construir todas las adecuaciones eléctricas de potencia para los instrumentos de medición; ii) capa de comunicación está orientada al desarrollo de una arquitectura de comunicación mediante una red de sensores que transmiten información en tiempo real del entorno y posteriores etapas del proceso para garantizar el desarrollo automático mediante controladores industriales para IoT; iii) capa de control y aplicación aquí se muestra el control de cada una de las variables más importantes para otorgarle autonomía al sistema, además de una comunicación tcp-ip a la capa de comunicación la cual es transparente al usuario y sirve para medir las variables ubicadas en la planta y por lo tanto permite tomar las acciones de control pertinentes para que los actuadores cumplan el objetivo de controlar en función de precisión y autonomía de la planta.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AVICULTURA DE PRECISIÓN**
- **SISTEMA DE CONTROL SCADA**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**
- **INTERNET DE LAS COSAS**



## **ABSTRACT**

In the present project a precision poultry system will be developed, capable of transmitting information on the conditions of a poultry house in real time, for this a multilayer system will be developed and consists of i) sensing layer through sensor technology as: temperature, luminosity, humidity and weight; it allows to control the ration of food that the batch must have daily, amount of water distributed, besides building all the electrical adjustments of power for the measuring instruments; ii) communication layer is oriented to the development of a communication architecture through a network of sensors that transmit information in real time of the environment and later stages of the process to guarantee the automatic development through industrial controllers for IoT; iii) control layer and application here shows the control of each of the most important variables to give autonomy to the system, plus a tcp-ip communication to the communication layer which is transparent to the user and serves to measure the variables located in the plant and therefore allows to take the pertinent control actions so that the actuators comply with the objective of controlling according to the plant's precision and autonomy.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **POULTRY OF PRECISION**
- **SCADA CONTROL SYSTEM**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**
- **INTERNET OF THINGS**

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA**

#### **1.1 Introducción**

En la actualidad la eficiencia en cualquier tipo de proceso o negocio es fundamental, aún más en la industria de producción de huevo comercial que continúa cambiando y evolucionando con rapidez debido a un gran aumento de la demanda, así como los cambios tecnológicos, la presión de los consumidores y de los gobiernos por tener alimentos que no generen impacto negativo con el medio ambiente. Hace que la industria del huevo siga creciendo porque el huevo es un alimento que tiene una fuente de proteínas con un bajo impacto medioambiental.

En nuestro caso el presente proyecto de tener un galpón eficiente de crianza de aves de postura con controladores industriales y un monitoreo constante con sensores IoT, nos ayudara a optimizar la crianza de pollitas, logrando una menor mortalidad en la etapa de crecimiento de las aves, también a tener una mejor uniformidad de los lotes de aves con lo que se llegara a producciones optimas de huevo comercial dadas por la genética y esto conllevara a disminuir costos de producción.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

En la última década la creciente demanda alimenticia de la población mundial, junto con factores climáticos adversos externos; obligan a tener condiciones automáticas

de control de variables, uno de los problemas al tener galpones de crianzas manuales es un excesivo uso de personal para el correcto funcionamiento y mantenimiento diario de las instalaciones, así como factores internos donde la cantidad de aves genera niveles de humedad y temperaturas variables, dañando el proceso de crianza para el animal y aumentando la mortalidad en los lotes de crianza, siendo un perjuicio para la empresa y para la calidad de vida de las aves, al no existir un óptimo control de estas características las aves pierden peso generando desigualdades respecto a las normas genéticas de crianza, así como en la etapa de producción no se llegará a los niveles de producción de huevos otorgados por las tablas de genética. (Eguez & Vásconez , 2018)

Los galpones instalados en el país un 90% son manuales lo que impide a las empresas ser eficientes y optimizar sus recursos, debido a la falta de tecnología comunicativa para darle un adecuado seguimiento a la crianza del animal considerado el factor más importante dentro de la producción y a la pérdida de recursos como alimentación, incremento en el tiempo para llegar al pico de postura entre otros; los factores antes mencionados ocasionan incrementos innecesarios en los costos de producción y disminuyen el nivel de eficiencia dentro de las actividades de producción de este tipo de negocios. (Uddin & Mansour, 2017)

Según el Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021) vigente, la ciudadanía destaca que para lograr los objetivos de incrementar la productividad, agregar valor, innovar y ser más competitivo, se requiere investigación e innovación para la producción, transferencia tecnológica; vinculación del sector educativo y académico con los procesos de desarrollo;

pertinencia productiva y laboral de la oferta académica, junto con la profesionalización de la población; mecanismos de protección de propiedad intelectual y de la inversión en mecanización, industrialización e infraestructura productiva. Estas acciones van de la mano con la reactivación de la industria nacional y de un potencial marco de alianzas público-privadas, ejes en los cuales está basada la presente investigación haciéndola parte del Plan Nacional de Desarrollo para contribuir a los lineamientos de desarrollo del país en cuanto a la investigación e innovación para la producción. (CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACION, 2017)

### **1.3 Justificación**

La avicultura es una actividad de volumen y bajos márgenes por unidad de producto. Así mismo, todas las etapas del proceso productivo son registradas milimétricamente en unidades promedio ave/día: tiempo de levante, postura, engorde, consumos, peso, postura, gramos de conversión de alimento a huevo o a peso, masas de huevo, etc. Por lo cual el control y monitoreo de los factores que inciden en el animal debe ser llevado de una manera precisa y monitoreado regularmente sin necesidad que el granjero se encuentre en el galpón, por tanto, la avicultura de precisión es una necesidad para mejorar todo el proceso de obtención de huevo, así como para minimizar costos.

La investigación científica a nivel mundial tiende a realizarse a través de grupos de investigación, siendo uno de los campos más activos la automatización industrial, debido a esto controlar las condiciones climáticas en criaderos o galpones avícolas es un

factor clave para asegurar el crecimiento óptimo y la máxima producción en las aves de postura. Sin una vigilancia y control constante de la temperatura, luminosidad, alimentación y humedad, su producción está en riesgo.

El monitoreo remoto de galpones permite optimizar sus procesos de crianza en una manera simple y a costos relativamente bajos, generando mejor producción y mayor ganancia a la inversión. Existen galpones de diferentes tipos entre estos los de control semiautomático que obtienen buenos resultados en la crianza de las aves de postura como los de la empresa Incubandina (Empresa dedicada a la comercialización de aves de postura) que tiene estándares de crianza aceptables y producción de huevo comercial.

Por su parte PROALISAN es una empresa dedicada netamente a producción de huevo comercial desde el año 2000, en la actualidad tiene el objetivo de optimizar recursos en la crianza de las aves, así como en la producción del huevo, adoptando nuevas tecnologías como sistemas agrícolas de precisión con IoT.

Al mismo tiempo para afrontar ciertas aplicaciones, la agricultura de precisión basada en IoT se ha convertido en una necesidad; al ser una tendencia en la investigación en los sistemas que consideren el monitoreo del cultivo y sistemas de riego inteligentes, presentes en el entorno para innumerables aplicaciones, como automatización industrial en entornos agrícolas o monitorización de ganadería ya que las mejoras alcanzadas en producción se dan por el intercambio y suministro de información en tiempo real. (Mekala & Wiswanathan, 2017) (Jaiganesh, Gunaseelan, & Ellappan, 2017).

Estos sistemas son capaces de ofrecer soluciones para algunos de los problemas, por lo que será interesante seguir su evolución en el futuro, especialmente a partir de la experiencia en algunos países de Europa y América donde la genética junto con condiciones de crecimientos son los principales hitos por trabajar para la mejora de resultados. (Selecciones avícolas, 2018)

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Implementar un sistema avícola de precisión mediante controladores industriales para IoT, a fin de optimizar recursos en el galpón de crianza de aves de postura en la empresa PROALISAN.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Investigar los diferentes sistemas avícolas de precisión mediante controladores industriales para IoT, para galpones autónomos.
- Proponer un sistema avícola de precisión mediante controladores industriales para IoT para controlar la temperatura, alimentación y factores especiales del galpón de crianza de aves de postura de PROALISAN.
- Implementar una red de sensores y controladores para IoT con la información de variables críticas del galpón para su despliegue en internet en tiempo real, así como el histórico de las variables.
- Gestionar alertas en tiempo real cuando los valores de las variables se encuentren

tanto como advertencia, así como cuando estén en niveles críticos.

- Evaluar el desempeño del sistema avícola de precisión mediante el análisis de la respuesta de controladores industriales para IoT para galpones que optimizan recursos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Internet de las cosas (IoT)

IoT es una tecnología que en la actualidad ha ido creciendo en gran magnitud y representa un cambio importante en el futuro de la informática y las comunicaciones en el mundo, es conocido también como Internet of Objects,

El impacto que la Internet tiene en la humanidad en sectores como la educación, la comunicación, la industria, la ciencia y el gobierno, ha permitido que se convierta en una de las herramientas más importantes y útiles en la actualidad.

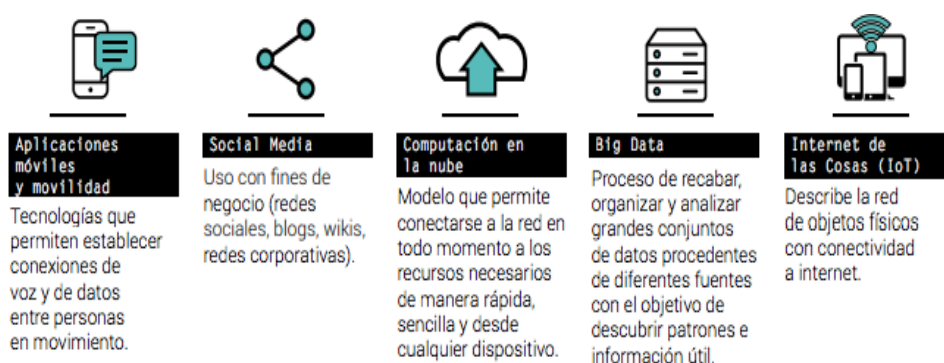
Por lo antes mencionado, el IoT representa la evolución de la Internet, lo que supone un gran avance en la capacidad para recolectar, analizar y distribuir información (datos), los cuales se pueden convertir en conocimiento y sabiduría.

El IoT cobra gran importancia al llevar a cabo proyectos que prometen reducir las diferencias tecnológicas, para mejorar la distribución de la riqueza y de los recursos del mundo, dando paso a convertirnos en seres más proactivos y menos reactivos. Sin embargo, existen varios aspectos a tomar en cuenta como: la transición a IPv6, buscar la homogeneidad de conjuntos de estándares y el desarrollo de fuentes de energía para millones de sensores diminutos, a medida que las empresas, gobiernos, organismos de



normalización e instituciones de educación superior trabajen de manera conjunta para resolver los desafíos presentes.

El IoT seguirá avanzando, de esta manera el objetivo de las investigaciones actuales es instruir de manera clara y sencilla para que se informe sobre todo lo relacionado con el IoT y se comprenda su potencial al cambiar todo lo que se conoce sobre conectividad de objetos en la actualidad, todas estas diferencias se muestran en la ilustración 1. (Evans, 2011)



**Figura 1.** Explicación de IoT y tecnologías afines.

## 2.2 Acrónimos utilizados en IoT

Para comprender el IoT se debe tomar en cuenta algunas abreviaturas, los términos principales de esta investigación son: (Ramirez Madrid & Rodriguez Hernandez, 2016)

3G: Tercera generación de telefonía móvil

4G: Cuarta generación de telefonía móvil

5G: Quinta generación de telefonía móvil

API: Interfaz para programación de aplicaciones móviles

CPA: Sistema con control por programa almacenado

GHz: Gigahercio

GPS: Sistema de posicionamiento global

HTTP: protocolo de transferencia de hipertextos

IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers

IoT: Internet de las cosas

IP: Protocolo de Internet

ISP: Internet service provider

LAN: Red de área local

Mbps: Megabit por segundo

PC: Computador

PLC: Controlador lógico programable

RFID: Identificación por radiofrecuencia

SW: Software

TCP/IP: Protocolo de control de transmisión/Protocolo Internet

TIC: Tecnologías de la información y las comunicaciones

URL: Localizador Uniforme de Recursos

USN: Red de sensores ubicuos

WEP: Privacidad Equivalente a Cableado

WLAN: Red de área local inalámbrica

WPA: Acceso inalámbrico protegido

WWAN: Red de área amplia inalámbrica

WWW: Red mundial

### 2.3 Definiciones generales IoT

**IoT:** Infraestructura mundial al servicio de la sociedad, de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión física y virtual de las cosas gracias al inter-funcionamiento de tecnologías de la información y la comunicación. (Ramirez Madrid & Rodriguez Hernandez, 2016)

Se puede definir el Internet de las cosas como la consolidación de redes conectadas a todas las cosas del mundo como podrían ser vehículos, electrodomésticos, dispositivos mecánicos, también objetos como calzado, muebles, maletas, dispositivos de medición, biosensores, o cualquier objeto que sea posible imaginar.

**Shareware:** Software distribuido de forma gratuita para ser probado. Si el usuario decide utilizar con el programa y seguir usándolo, debe pagar al desarrollador. Normalmente, el shareware es desarrollado por compañías relativamente pequeñas o por programadores individuales, y generalmente su costo es bajo.

**Freeware:** Programas gratuitos que los desarrolladores ponen a disposición de otros usuarios sin ningún costo. En algunos casos el desarrollador no reclama derechos de autor y el programa se convierte en un software del dominio público. En otras

ocasiones, el software tiene derechos de autor, pero el desarrollador permite a otras personas usarlos gratuitamente.

**Aplicación Vertical:** son programas que realizan todas las fases de una función crítica del negocio. Estos programas, que muchas veces corren en una combinación de Mainframes, minis y computadoras personales, se denominan aplicaciones de misión crítica. Generalmente son desarrollados a la medida por cada compañía que los tiene y son usados por muchos individuos dentro de una Organización.

## **2.4 Estado del Arte IoT**

IoT es una tecnología revolucionaria que representa el futuro de la informática y las comunicaciones en el mundo.

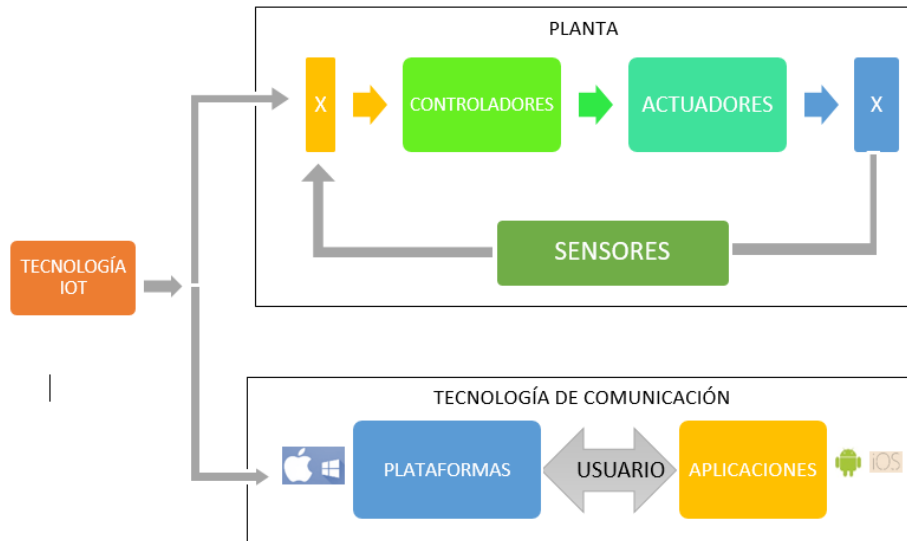
## **2.5 IoT en la Avicultura**

IoT es una tecnología revolucionaria que representa el futuro de la informática y las comunicaciones. La mayoría de la gente en el planeta depende de la agricultura. Por esta razón, es necesario contar con tecnologías inteligentes que permitan dejar atrás los métodos agrícolas tradicionales. Usando modernos métodos, las tecnologías pueden controlar el costo, el mantenimiento y monitorear el desempeño mediante la reproducción de imágenes satelitales y aéreas que juegan un papel vital en la agricultura moderna. La agricultura de precisión cuenta con redes de monitoreo, dependiendo del sensor se usa en gran medida para integrar información como temperatura, humedad, PH del suelo, niveles de nutrición del suelo, nivel del agua, etc., por lo que, con los avicultores el IoT

puede controlar de forma remota sus criaderos, naves de producción y equipos a través de sus teléfonos y computadoras.

Las tecnologías de red que utilizan la informática en la nube como columna vertebral se usa para comprender las diferentes tecnologías y para construir una avicultura inteligente sostenible. El modelo simple de avicultura IoT se aborda como un sistema inalámbrico de red. En los últimos años, la avicultura ha tenido un bajo desarrollo tecnológico, es por esta razón que se buscó un mecanismo de control que permita el mejoramiento en la crianza de aves, utilizando para el efecto un presupuesto de menor costo, partiendo de una apropiada manipulación de las variables más significativas dentro de este proceso, como son la temperatura cuyo manejo es vital para evitar altos índices de mortalidad y mejorar el peso final de las aves y los niveles de alimentación y amoniaco responsables de varias enfermedades en la parvada y molestias en el personal de granja. (Evans, 2011)

## 2.6 Requisitos Técnicos para implementar IoT



**Figura 2.** Requisitos de implementación IoT

En la Figura 2, se presenta un diagrama el cual describe las partes principales del sistema, en el proceso los principales actores son: sensores y actuadores, y para transmitir la información con una determinada tecnología de comunicación donde el usuario puede manipular los datos mediante plataformas y aplicaciones, permitiéndole usar la información en tiempo real; para esto se detalla un listado de requisitos mínimos para la implementación de un sistema IoT:

- ✓ Sensores
- ✓ Actuadores
- ✓ Tarjeta de DAQ
- ✓ Controladores para IoT

- ✓ Fuentes de energía
- ✓ Software
- ✓ Seguridad
- ✓ Planta
- ✓ Tecnologías de comunicación
- ✓ Acceso a Internet
- ✓ Plataforma
- ✓ Aplicaciones móviles

### **2.6.1 Sensores**

Su función es adquirir la información física (datos) de un proceso o ambiente, y posteriormente se transmiten a un sistema de control de forma que éste la registre y procese para tomar acciones de control. Es necesario que su elección se relacione con los parámetros que se necesitan obtener, ya sea temperatura, luminosidad, humedad, proximidad, movimiento, flujo etc. Además, se debe considerar la fuente de energía de alimentación, el medio ambiente a estar expuesto y su encapsulamiento. Es importante tener en cuenta la tarjeta de control a la cual se van a conectar los dispositivos de sensado, para que sean compatibles en su comunicación, los sensores más utilizados en la industria se relacionan a continuación. (Ramirez Madrid & Rodriguez Hernandez, 2016)

### 2.6.1.1 Celdas de carga

Llamados también sensores de peso son dispositivos electrónicos (transductores), desarrollados para detectar los cambios eléctricos causados por una variante de la fuerza de un peso aplicado sobre la báscula o balanza, cuyos datos se transmiten hacia un monitor indicador de peso o un dispositivo controlador de peso, tienen una gran precisión, se los utiliza en gran parte de la industria nacional.

Son los sensores de fuerza comúnmente utilizados, existen varios tipos de sensores de carga o peso según la necesidad de la aplicación, se los puede utilizar en: peso de tanques y recipientes, silos de almacenamiento, empacadoras, etc. Se deben instalar de manera correcta para que su error no crezca, los diseños más populares para aplicaciones de pesaje industriales son las células de viga de flexión y de cizallamiento. (Omega, 2019)



**Figura 3.** Celdas de Carga

**Fuente:** (Omega, 2019)



### 2.6.1.2 Sensores Fotoeléctricos

La luz que recibe un sensor en el que la energía de los fotones se transforma en una señal eléctrica, cuanto más aumente la luz sobre la superficie, aumenta la carga, esta señal va al controlador para que pueda trabajar según la intensidad de la luz. En términos generales, están correlacionados los dos. La medición electrónica convierte la corriente o tensión a un valor lux.

El motivo principal para medir la intensidad de la luz es para garantizar que se cumplan las necesidades mínimas o máximas de iluminación, y para determinar los tiempos de exposición a la luz. (Spectris Company, 2019)



**Figura 4.** Sensores Fotoeléctricos

**Fuente:** (Alibaba, 2019)

### 2.6.1.3 Sensores de Humedad

El sensor de humedad se usa cuando es necesario detectar la humedad en el aire, algunos tipos de granos, la tierra, etc. El sensor de humedad se usa cada vez más en el sector de la industria para la calefacción, ventilación y climatización, así como en los procesos de producción que necesitan un control adecuado de la humedad. A más de medir la humedad, también es necesario medir la temperatura. La robustez de estos equipos y su alta precisión permite que sean utilizados en cualquier tipo de aplicación industrial.

Algunos sensores permiten una medición combinada de temperatura y humedad integrado en el mismo sensor. Normalmente se conecta el sensor de humedad a una unidad de control separada, ésta convierte la magnitud física de la humedad en una señal eléctrica normalizada esto permite por ejemplo activar una alarma al sobrepasar un valor límite, activar o desactivar un ventilador en un sistema. (PCE, 2019)



**Figura 5.** Sensores de Humedad

**Fuente:** (PCE, 2019)

#### 2.6.1.4 Sensores de Temperatura

Son dispositivos que permiten transformar los cambios de temperatura en cambios de señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico. Existen tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

Un sensor de temperatura típicamente suele estar formado por el elemento sensor de cualquiera de los tipos anteriores, la vaina que lo envuelve está rellena de un material muy conductor de temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico. (Sensores , 2019)



**Figura 6.** Sensores de Temperatura

**Fuente:** (SRC, 2019)

## 2.6.2 Actuadores

Son dispositivos capaces de transformar energía eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Por ejemplo, un motor que se puede utilizar para mover o controlar un mecanismo o sistema, basado en un conjunto específico de instrucciones. (Tuataratech, 2018)

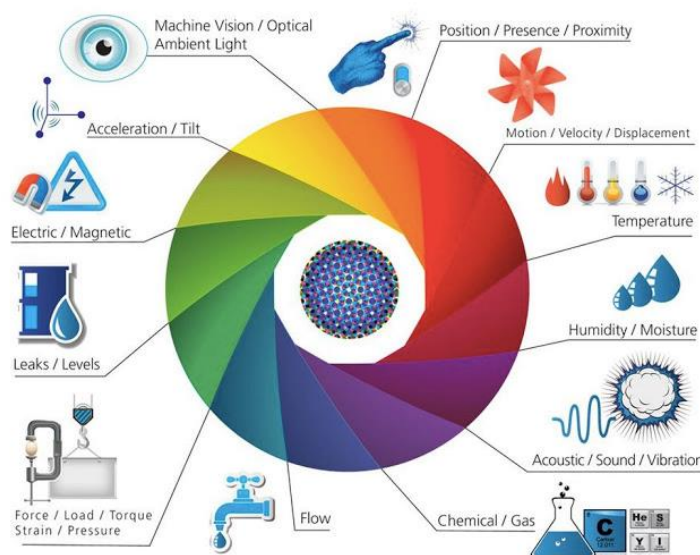
Los actuadores pueden realizar una función física, es decir hacen que las cosas sucedan. Un ejemplo de actuador es una válvula, utilizada para controlar un sistema hidráulico. (Tuataratech, 2018). Existen tres tipos de actuadores utilizados en el IoT:

- ✓ **Hidráulica:** Utiliza la presión del líquido para realizar el movimiento mecánico, se ocupan cuando se necesita potencia.
- ✓ **Neumáticos:** utiliza aire comprimido a una presión alta para permitir un funcionamiento mecánico en un proceso.
- ✓ **Eléctrico:** impulsado por un motor que convierte la energía eléctrica para que exista un funcionamiento mecánico.



Foto: theneura

a)



b)

**Figura 7.** a) Actuadores, b) Sistema de recolección de información mediante actuadores IoT.

**Fuente:** (Tuataratech, 2018)

### 2.6.2.1 Metodología para selección de actuadores

La selección correcta de un actuador para un proceso industrial es de gran importancia ya que, si no se selecciona de manera adecuada, esto afectará en el proceso de producción, así como en el aumento de costo de este. (Quiminet, 2011).

Para una selección óptima de actuadores se debe tomar en consideración factores como:

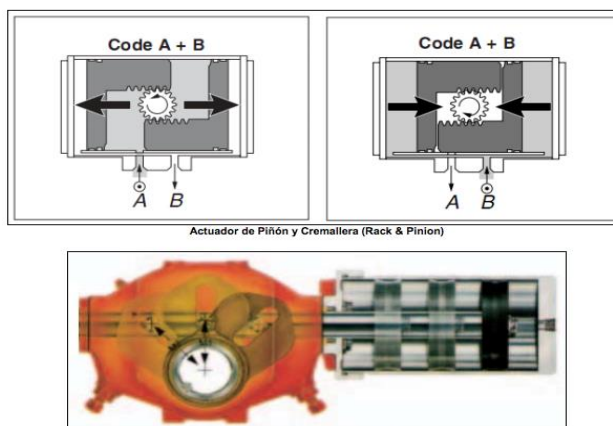
- ✓ Potencia
- ✓ Controlabilidad

- ✓ Peso y volumen
- ✓ Precisión
- ✓ Velocidad
- ✓ Temperatura
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Costo

Posteriormente se debe determinar tiempos de acción y reacción, espacio a utilizar y que exista comunicación con el controlador que se utilice. (Quiminet, 2011)

### **2.6.2.2 Actuadores Neumáticos**

Es un dispositivo mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o accionar otro dispositivo mecánico, estos pueden ser de trabajo lineal o rotatorio. La fuerza que provoca el actuador proviene de aire comprimido de alta presión. Los actuadores lineales producen fuerza en línea recta como lo hace un pistón y los actuadores rotatorios generan fuerza rotatoria similar a un motor eléctrico, su utilización depende de la necesidad del proceso a utilizar. (Vildosola, 2019).

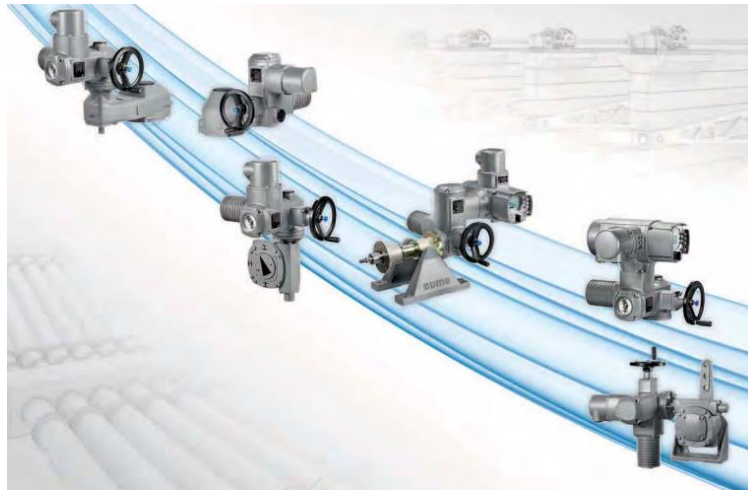


**Figura 8.** Actuadores Neumáticos

Fuente: (Vildosola, 2019)

### 2.6.2.3 Actuadores Eléctricos

Los actuadores eléctricos incorporan una combinación de motor eléctrico y reductor, especialmente desarrollada y diseñada para la automatización, que transmite el par necesario para el accionamiento mecánico dentro de un proceso (compuertas, válvulas, etc). Se debe tomar en cuenta las necesidades de cada proceso, la potencia, corriente, voltaje, espacio. Un sistema de control evalúa los datos y se encarga de conectar y desconectar los actuadores (AUMA Riester, 2019).



**Figura 9.** Actuadores Eléctricos

**Fuente:** (AUMA Riester, 2019)

## **2.7 Fuente de energía para IoT**

La gestión de energía para dispositivos de Internet de las Cosas (IoT) supone un gran reto, ya que los dispositivos siempre necesitan de energía y pueden estar ubicados en cualquier sitio, incluyendo entornos hostiles y remotos. A menudo es imposible hacer que un cable llegue hasta el dispositivo, por lo que la transferencia de energía inalámbrica o la transferencia de energía a través del aire sin un medio conductor presente se convierte en una necesidad. Allí donde la transferencia de energía inalámbrica no es viable, un dispositivo que capture energía solar, movimiento mecánico o calor para obtener energía por sí mismo es una gran alternativa. Los dispositivos IoT se benefician de requerir muy poca energía para operar, por lo que CI de baja energía son vitales. (ANSYS, 2019)





**Figura 10.** Fuente de energía para IoT.

Fuente: (ANSYS, 2019)

## 2.8 Controladores para IoT en la Avicultura

Las máquinas y los sistemas industriales son más complejos en la actualidad y suelen incorporar varios subsistemas independientes, para tareas especializadas, como el procesamiento de imágenes, control del movimiento e interfaces de operador.

Con controladores para IoT, los diseñadores pueden mejorar el rendimiento y simplificar la complejidad del sistema mediante un enfoque centralizado donde se utiliza un controlador para estas tareas. Los nuevos controladores industriales son compatibles con EtherCAT Máster, Ethernet/IP, RS232/RS485, Modbus serie y Modbus/TCP para comunicarse con otros dispositivos como PLC e interfaces de operador. Con la

finalidad de ayudar a fabricantes de máquinas y diseñadores de sistemas a eliminar la necesidad de tener subsistemas separados dentro de las máquinas y consolidar la funcionalidad en un solo controlador (Ramirez Madrid & Rodriguez Hernandez, 2016)



**Figura 11.** Vision700™ Controlador lógico programable + HMI

Fuente: (SIDE, 2019)

### 2.8.1 Vision700™ - Controlador lógico programable + HMI elegante incorporada

Opciones de E / S	
Módulos de E / S integrables	Estos módulos se conectan directamente en la parte posterior de la unidad Visión para crear un PLC autónomo. Las entradas pueden incluir mediciones digitales, analógicas y de temperatura. Las salidas pueden incluir Transistor, Relé o Analógico.
Expansión de E / S	Las E / S locales o remotas se pueden agregar a través del puerto de expansión o mediante CANbus. Expanda hasta 1000 E / S – Existen varios módulos de expansión de E / S de acuerdo con la necesidad. (SIDE, 2019)

## 2.8.2 Ventajas y Desventajas del uso de Sistemas de Precisión

**Tabla 1.**

*Ventajas y desventajas de los sistemas de precisión*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>Acciones mucho más rápidas:</b> Al disponer datos en tiempo real se realizan correcciones a tiempo en cualquier factor que afecte al desarrollo normal de un sistema.</p>	<p><b>Mala ubicación de sensores:</b> Si los sensores no se colocan en los puntos necesarios a ser medidos no se va a tener una respuesta adecuada del sistema</p>
<p><b>Tolerancia a Errores:</b> Si un actuador falla, este error puede ser compensado por los actuadores restantes que forman parte del proceso.</p>	<p><b>Costo de comunicación:</b> Estos sistemas deben tener una comunicación de calidad entre sí o con la unidad de control, por lo cual los equipos de comunicación son muy importantes.</p>
<p><b>Programación distribuida:</b> Cada sistema tiene un algoritmo de control propio.</p>	
<p><b>Bajos costos:</b> Se reduce el uso de recursos en el funcionamiento y desarrollo del sistema. Disminuye el uso de mano de obra.</p>	

## 2.9 Definición y Tipos de Software

El software son las instrucciones electrónicas que van a indicar al ordenador que es lo que se debe hacer. También se puede decir que son los programas usados para dirigir las funciones de un sistema de computación o un hardware. Como concepto

general, el software puede dividirse en varias categorías basadas en el tipo de trabajo realizado. (Martin, 2018)

- ✓ Software del sistema
- ✓ Software de aplicaciones
- ✓ Software de red
- ✓ Shareware
- ✓ Freeware
- ✓ Aplicación Vertical

### **2.9.1 Software de Sistema**

Es el conjunto de programas indispensables para que la máquina funcione; se denominan también programas del sistema. Procesa tareas tan esenciales, aunque a menudo invisibles, como el mantenimiento de los archivos del disco y la administración de la pantalla. Estos programas son básicamente: sistema operativo: DOS y WINDOWS, editores de texto: EDIT, PADWORD, compiladores / lenguajes de programación y programas de utilitarios. (Martin, 2018)

### **2.9.2 Software de Aplicación**

Programa informático diseñado para facilitar al usuario la realización de un determinado trabajo. Posee ciertas características que le diferencia de un sistema operativo (que hace funcionar al ordenador), de una utilidad realiza tareas de mantenimiento o de uso general y de un lenguaje con el cual se crean los programas

informáticos. Suele resultar una solución informática para la automatización de algunas tareas complicadas. (Martin, 2018)

## **2.10 Aplicaciones Móviles en la Industria**

En la actualidad existen muchas aplicaciones y mejoras que el concepto de industria 4.0 ha creado para el sector manufacturero, están disponibles en las distintas tiendas para los usuarios de Smartphone. En la digitalización debe desarrollarse aplicaciones para poder añadir las herramientas necesarias que ayuden a llegar a los objetivos productivos de una organización.

La tecnología ha evolucionado en gran magnitud, ha hecho que en la actualidad sea posible la monitorización y control de manera remota de un proceso desde aplicativos ejecutados a través de dispositivos móviles.

Las aplicaciones móviles son programas ligeros que permiten disponer la información a través de webservers. Las aplicaciones de más éxito son en general las que resuelven un problema y que tienen una interfaz atractiva.

Por tanto, existe la capacidad de crear toda clase de aplicaciones para la industria, concentrados en dispositivos que sirven para visualizar, operar o recibir los flujos de procesos. (Torrecillas, 2019)



**Figura 12.** App Remote Operator de unitronics

**Fuente:** (Unitronics, 2019)

### **2.11 Ambiente necesario de aves de postura en galpones de crianza**

Las aves de postura, tanto como cualquier otro ser vivo en su etapa de crecimiento requiere cuidados especiales para su óptimo crecimiento y desarrollo, por lo que necesita condiciones ambientales adecuadas que permitan el bienestar de las mismas, con lo cual ayudará a llegar a un crecimiento óptimo y en la etapa de producción el rendimiento adecuado de huevos por ave día dados por el potencial genético.

Para un correcto crecimiento de las aves de postura se debe considerar las recomendaciones dadas por la guía de manejo de la genética como son densidad de alojamiento, temperatura, humedad, alimentación, luminosidad y calidad de agua. (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

### 2.11.1 Temperatura y humedad deseable para las aves

La temperatura en el ambiente del galpón es de gran importancia en la crianza de las aves, de acuerdo con las semanas de vida es necesario un rango idóneo, pues descende desde los 36 grados centígrados al día 1 hasta llegar a la aclimatación sin necesidad de ayuda de calefactores, en la tabla 2 se indica según la edad la temperatura necesaria en su crecimiento.

Temperaturas demasiado bajas o altas en el ambiente del galpón hace que la mortalidad sea alta, y el crecimiento sea menor y no alcancen las metas de peso por semana en la parvada. Se debe mantener una temperatura estable porque los cambios bruscos de temperatura de igual forma afectan a la salud de las aves. La humedad relativa debe estar entre 60 a 70 por ciento para un adecuado desarrollo de la parvada. (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

**Tabla 2**

*Temperatura deseada según edad de las aves*

<b>EDAD</b>	<b>Temperatura °C</b>
Día 1-2	35-36
Día 3-4	33-34
Día 5-7	31-32
Semana 2	28-29
Semana 3	26-27
Semana 4	22-24
Desde la Semana	18-20

**Fuente:** (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

### 2.11.2 Luminosidad

La implementación de un programa de iluminación dentro de una granja de crianza de aves de postura permite controlar el inicio de la postura y optimiza el rendimiento de la parvada. El programa depende del tipo de galpón a usarse en la crianza, siendo estos cerrados o abiertos. Es más fácil aplicar un programa de iluminación en galpones cerrados sin el efecto de la luz del día, donde se puede ajustar las horas de luz y su intensidad dentro de ciertos límites, adaptar los rendimientos a los requerimientos específicos de la granja, maximizando el rendimiento del lote para el productor. Para los galpones abiertos o semi oscurecidos (con incidencia de la luz del día), se debe desarrollar un programa a medida, que guarde relación con la época del año y a la ubicación geográfica de los galpones de cría-recría y de producción.

Todo programa de iluminación independientemente del tipo de galpón deberá seguir los siguientes principios básicos:

- Nunca aumentar las horas luz durante el período de crianza hasta que comience la estimulación planeada.
- Nunca disminuir las horas luz durante el período de producción.
- Mantener siempre en mente que la luz natural puede interferir en galpones abiertos o semi oscurecidos.



### **2.11.3 Programa de iluminación tras recepción de pollitas en granja**

Tras la llegada de las pollitas de un día, éstas experimentan un manejo intensivo dentro de la planta de incubadora y se puede observar que, al alojamiento, algunas pollitas continúan durmiendo mientras que otras buscan agua y alimento, siempre siendo irregular la actividad del lote. Comúnmente se implementa el plan de iluminación de 24 horas sus primeros 2 o 3 días para ayudarlas en su recuperación y darles tiempo para comer y beber.

La guía de manejo Lohmann Tierzucht sugiere que el día sea separado en fases de descanso y actividad mediante la aplicación de iluminación intermitente, es decir darle un descanso a su llegada a la granja y luego comenzar con un programa de cuatro horas luz seguidas de dos de oscuridad. La meta es la sincronización de las actividades de las pollitas, mejorando la condición de la parvada y las aves serán incitadas por el comportamiento del grupo a buscar agua y comida.

Este programa se podría implementar totalmente en el programa de iluminación en galpones cerrados, mientras que en galpones abiertos no sería posible dar el descanso total a su llegada ni en horas del día solo se podría implementar en la noche. (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

### **2.11.4 Programa de iluminación para galpones abiertos**

En estos programas se debe considerar principalmente dos factores: primero el efecto de la luz natural sobre el galpón (abiertos o semioscurecidos), y segundo el tipo

de galpón al que las parvadas van a ser trasladadas, es decir que, si los galpones son abiertos con ventanas que no se pueden oscurecer, el programa de iluminación debe ajustarse a la duración de luz natural al momento de traslado.

Como referencia se puede establecer que a las 17 semanas de edad el programa de iluminación debe ser diseñado para un fotoperiodo de por lo menos 10 horas tomando en consideración la luz natural, en estos programas se distinguen dos variantes del comportamiento de las aves al momento de postura:

- La producción comienza cuando disminuye la luz natural (noche).
- La producción comienza cuando aumenta la luz natural (día).

#### **2.11.5 Programa de iluminación para galpones cerrados**

La implementación de los programas de luz en galpones cerrados presenta una gran ventaja al permitir que sus recursos se ajusten a los requerimientos específicos de la granja, permitiendo incrementar el rendimiento de las aves, esto debido a que se puede limitar el número de horas luz durante todo el período de cría y cuál es el momento del comienzo de la estimulación mediante el incremento de las horas luz. Otro factor muy importante en este tipo de programas es el control de la intensidad de la luz medida en luxes de acuerdo con la etapa de cría sugerido por la guía de manejo Lohmann Tierzucht. A continuación, la tabla 3 de programación:

**Tabla 3***Programa de iluminación para galpones cerrados*

<b>Edad (Semanas)</b>	<b>Horas de luz</b>	<b>Intensidad de la luz (Lux)</b>
<b>Día 1-2</b>	24	20-14
<b>Día 3-6</b>	18	20-30
<b>2</b>	16	10-20
<b>3</b>	14	10-20
<b>4</b>	12	4-6
<b>5</b>	11	4-6
<b>6</b>	10	4-6
<b>7</b>	9	4-6
<b>8</b>	9	4-6
<b>9</b>	9	4-6
<b>10</b>	9	4-6
<b>11</b>	9	4-6
<b>12</b>	9	4-6
<b>13</b>	9	4-6
<b>14</b>	9	4-6
<b>15</b>	9	4-6
<b>16</b>	9	4-6
<b>17</b>	10	5-7
<b>18</b>	11	5-7
<b>19</b>	12	5-7
<b>20</b>	13	10-15

**Fuente:** (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

## 2.12 Calidad de agua

El agua debe tener una excelente calidad para un buen desempeño de las aves por lo tanto el agua debe ser fresca y potable, siempre debe de estar a disposición de las aves y su distribución debe realizarse de manera adecuada haciendo que el acceso para las aves sea fácil y cómodo.

La temperatura del agua debe estar alrededor de los 20 grados centígrados para que las aves beban la cantidad suficiente ya que el consumo de alimento está ligado directamente al consumo de la misma, por lo que si las aves no consumen suficiente agua, la ingesta de alimento disminuye consecuentemente, por lo tanto disminuye el crecimiento y la producción. (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)



**Figura 13.** Niple de distribución de agua

Fuente: LUBMESAM (2019)

### **2.13 Alimentación y crecimiento**

Es esencial un alimento de calidad con una buena estructura y con un valor nutricional apropiado, para que se pueda explotar al máximo el potencial genético de las aves.

Se debe proporcionar un alimento que se adapte en cada etapa de crecimiento de las aves, en el que se concentren los nutrientes esenciales y que cubran los requerimientos necesarios para el crecimiento de las aves.

Para que las aves cumplan el consumo de alimento dado por la guía de manejo de la genética como indica en la tabla 3 es necesario brindar comodidad en el ambiente del galpón, textura adecuada en el alimento balanceado y disponibilidad de agua en todo momento.

Para un correcto desarrollo de las aves en ganancia de peso y crecimiento, las dietas están correlacionadas con la edad y los aportes nutricionales de las mismas, los cambios de dietas alimenticias entre fases de crecimiento se realizan en función de la edad y el alcance de los pesos recomendados como lo indica la tabla 4, esto permite tener un crecimiento uniforme y explotar a su mayor potencial la genética cuando se llegue a la etapa de producción. (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

Tabla 4

*Desarrollo de peso Corporal y consumo de alimento para pollitas Lohmann Brown Classic*

Edad en Semanas	Peso Corporal (gramos)		Consumo		Alimento
	Promedio	Rango	g/Ave/Día	Acumulado	
1	75	73-77	11	77	INICIADOR
2	130	126-134	17	196	
3	195	189-201	22	350	
4	275	267-283	28	546	
5	367	356-378	35	791	
6	475	461-489	41	1078	
7	583	566-600	47	1407	
8	685	664-706	51	1764	
9	782	759-805	55	2149	DESARROLLO
10	874	848-900	58	2555	
11	961	932-990	60	2975	
12	1043	1012-1074	64	3423	
13	1123	1089-1157	65	3878	
14	1197	1161-1233	68	4354	
15	1264	1226-1302	70	4844	
16	1330	1290-1370	71	5341	
17	1400	1358-1442	72	5845	PRE- POSTURA
18	1475	1431-1519	75	6370	
19	1555	1508-1602	81	6937	
20	1640	1591-1689	93	7588	

Fuente: (LOHMANN TIERZUCHT, 2019)

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA**

#### **3.1 Introducción**

En este capítulo se detallan todos los componentes y el diseño correspondiente del sistema IoT con control automatizado del galpón de crianza de aves de postura de la empresa “Productora de Alimentos Santa Lucia”.

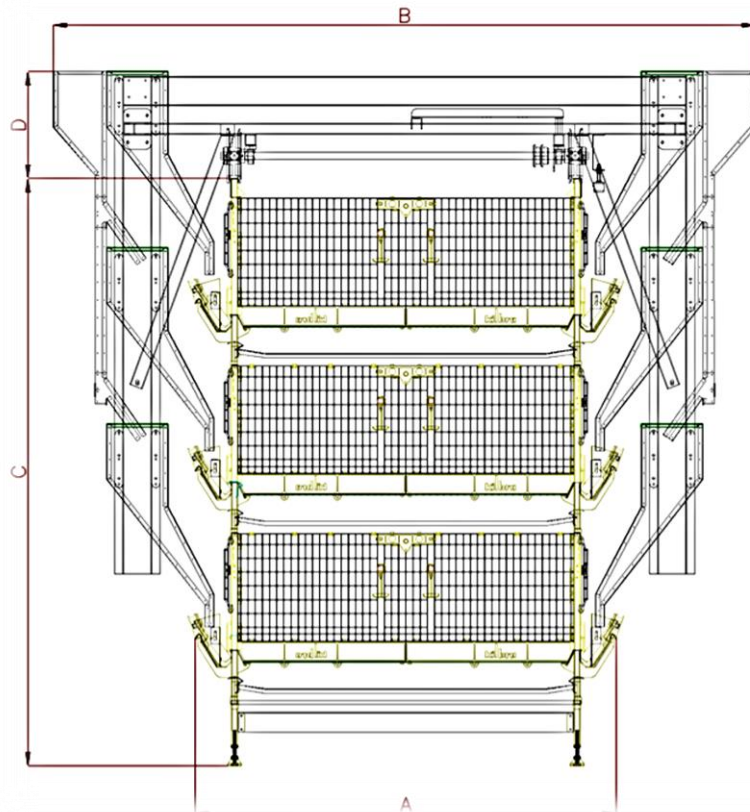
En dónde la etapa de sensado está dada por sensores IoT tomando en cuenta el ambiente del galpón, dadas las necesidades tanto de medición, resistencia al ambiente de trabajo, así como la conectividad con el controlador para que permita el control automático del galpón, con sus actuadores.

#### **3.2 Planificación del sistema**

Para lograr el desarrollo de un sistema eficiente se debe tomar en cuenta todos los aspectos que influyen en la crianza de las aves de postura como son: las dimensiones del galpón, sistema de crianza de la parvada, disposición de la alimentación de energía eléctrica, el campo de trabajo, los parámetros que se desean medir para selección de sensores que se utilizarán, los actuadores con los que controlarán cada variable y también el controlador industrial que permita la automatización de la nave de producción.

### 3.3 Dimensión y Sistema de crianza de la Nave de Producción

El galpón que se dispone a monitorear y automatizar tiene una dimensión de 120 metros de largo y 10 metros de ancho, se compone de un sistema de crianza utilizando tres módulos de jaulas verticales como lo indica en la figura No. 14, de construcción mixta de alambre y plástico que incluye, sistemas de bebederos de agua tipo niple, también constan comederos para el alimento balanceado y bandas para la recolección de abono.



**Figura 14.** Módulo de Jaulas Verticales

Fuente: (Killbra, 2019)



### 3.4 Alimentación de Energía Eléctrica

El suministro de energía eléctrica para el galpón es de una red del sistema interconectado, bifásico a 220 voltios; pero de acuerdo con los motores instalados en la nave, se necesita un sistema trifásico a 220 voltios, para lograr el suministro de energía eléctrica se instalará un Variador de Frecuencia que disponga una entrada bifásica y una salida trifásica.

**Tabla 5**

*Consumo de Motores*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Kw)</b>	<b>Total (Kw)</b>
3	Motor Coche Alimentador	0,37	1,11
4	Ventilador	0,37	1,48
2	Calefactor Mounters	2,2	4,4
1	Motor Sinfin Silo	0,75	0,75
		<b>Total</b>	<b>7,74</b>

La potencia total en energía trifásica es de 7,74 KW para la planta, por lo que se debe utilizar un variador de frecuencia de acuerdo con la potencia necesaria.

De acuerdo con el voltaje de funcionamiento y a la potencia instalada se seleccionó el variador de frecuencia iP5A de la marca LS seleccionando el modelo SV110iP5A-2NE, tomando en cuenta la ficha técnica dada por el fabricante de los valores de salida,

indicada en la ilustración 15, siendo el mejor para utilizar en la alimentación del sistema porque tiene una potencia de salida de 11KW

La selección se realizó considerando las corrientes de arranque y el accionamiento de los motores al mismo tiempo.

### 2.1 Modelo 200~230V (5.5~30kW / 7.5~40HP)

Modelo Número (SVxxxiP5A-2)		055	075	110	150	185	220	300		
Potencia [kVA] <sup>(1)</sup>		9.1	12.2	17.5	22.9	28.2	33.5	43.8		
Valores de salida	Ventilador y bombas	Potencia motor <sup>(2)</sup>	HP	7.5	10	15	20	25	30	40
			kW	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30
		Corriente [A] (110% Sobre-carga)		24	32	46	60	74	88	115
	110% 1Minuto (Carga Normal)									
	Cargas en general	Potencia motor <sup>(2)</sup>	HP	5.5	7.5	10	15	20	25	30
			kW	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22
		Corriente [A] (150% Sobrecorriente)		17	23	33	44	54	68	84
	150% 1 Minuto (Carga Dura)									
	Frecuencia		0.01 ~ 120 Hz							
	Tensión		200 ~ 230 V <sup>(3)</sup>							
Valor entrada	Tensión	3φ 200 ~ 230 V (-15% ~ +10 %)								
	Frecuencia	50/60 Hz (± 5 %)								
Grado de Protection		IP20 / Tipo1 UL			IP00 / Abierto UL <sup>(3)</sup>					
Peso [kg (lbs.)]		4.9(10.8)	6(13.2)	6(13.2)	13(28.7)	13.5(29.8)	20(44.1)	20(44.1)		

**Figura 15.** Modelos de Variadores de Frecuencia LS

Fuente: (Tsolution, 2019)



**Figura 16.** Variador de Frecuencia LS

**Fuente:** (Tsolution, 2019)

El modelo de variador de frecuencia escogido dispone de una potencia de salida del variador 11 KW, no se seleccionó el modelo anterior a este por que la potencia de salida es de 7.5 KW y teniendo en cuenta que la potencia de los motores instalados es de 7,74 KW no abastecería la carga necesaria para el funcionamiento del galpón.

El variador de frecuencia utilizado tiene un 42 por ciento extra de potencia de salida como seguridad sobre la carga instalada, este porcentaje extra de carga se tomó en cuenta en el caso de que se encienda todo el sistema al mismo tiempo.

### **3.5 Calefactores Diésel**

Se utilizan dos calefactores a diésel de marca Munters modelo “GPh 130 ETA” para la calefacción del galpón, estos calefactores se caracterizan por su gran eficiencia

térmica que sobrepasa el 90 por ciento, esto quiere decir que se obtiene mayor salida de aire caliente con un consumo bajo de combustible. Los niveles de ruido son bajos, lo que permitirá tener un ambiente de trabajo agradable. La hélice del ventilador centrífugo es acoplada directamente, impulsada por el motor, tienen una gran resistencia a la corrosión, la cámara de combustión es de acero inoxidable, la protección del cuadro eléctrico IP55 y los termostatos de seguridad en acero inoxidable. Estos equipos también tienen la opción de activar solo el ventilador. (Munters, 2019)

Las características de este calefactor son:

- Salida de calor 93 KW
- Consumo 8,10 Kg/h
- Combustible: diésel
- Caudal de aire: 6600 m<sup>3</sup>/h
- Potencia Eléctrica 2,2 KW
- Grado de Protección IPX4D



**Figura 17.** Calefactor Munters

**Fuente:** (Munters, 2019)

### 3.6 Ventiladores y Extractores

Se dispone de cuatro ventiladores dentro del galpón ubicados estratégicamente y tienen la función de hacer circular y recircular el aire dentro del galpón de manera que la temperatura se mantenga de forma uniforme a lo largo y ancho del galpón.

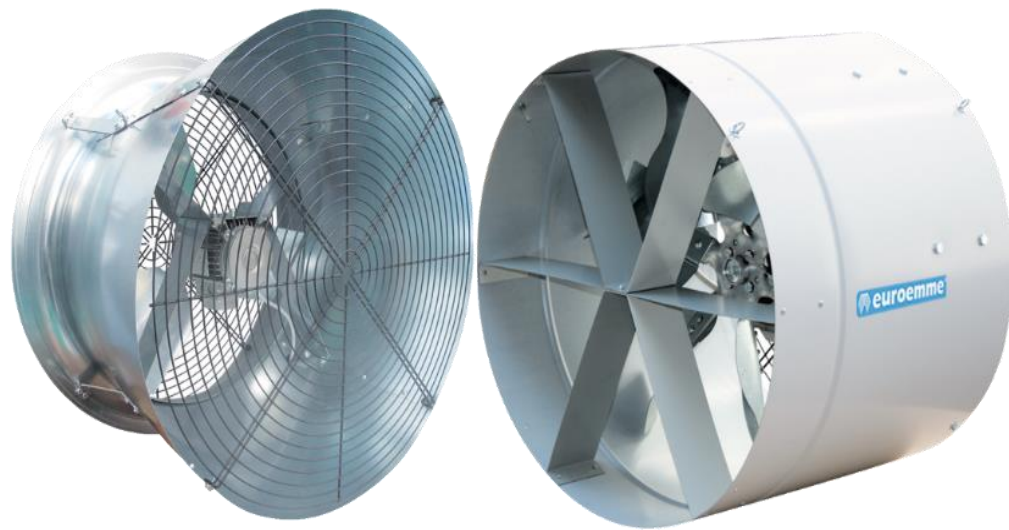
Cuando las condiciones de temperatura son estables recirculan el aire dentro del galpón, trasladando el aire caliente a todos los rincones del mismo, en caso de que la temperatura sobrepase el rango máximo facilitarán el traslado del aire caliente fuera de la nave, trabajando en conjunto con los extractores y persianas, así como también ayudarán a la distribución de aire fresco a lo largo de todo el galpón.

Las características de los ventiladores son:

- Potencia: 0,5 hp
- Diámetro de Hélice: 600 mm
- Flujo de aire: 11640 m<sup>3</sup>/h

El galpón está equipado con dos extractores que tienen las siguientes características:

- Potencia: 1,5 hp
- Diámetro de la hélice: 1270 mm
- Flujo de aire: 46260 m<sup>3</sup>/ h



**Figura 18.** Ventilador y Extractor

**Fuente:** (Munters, 2019)

### 3.7 Entradas de aire

Dentro del equipamiento se dispone de dos entradas de aire ubicadas en la pared norte de la nave que servirán de ayuda para el control de temperaturas altas, al permitir la entrada de aire a temperatura más baja del exterior, así como también ayudar al ingreso de aire fresco a la nave.

Las características de las entradas de aire también llamadas persianas son:

- Peso: 20 kg
- Apertura de entrada: 1,7 m<sup>2</sup>



**Figura 19.** Persianas de Entrada de Aire

**Fuente:** (Munters, 2019)

### 3.8 Iluminación

La iluminación dentro del galpón dispone de dos sistemas, un elevado que se encuentra en el techo del galpón y otro sistema en medio de las jaulas de las aves, para el sistema elevado se dispone de focos ahorradores fluorescentes colocados a una distancia de 6 metros en cada uno de los cuatro pasillos del galpón.

Estos focos ahorradores fluorescentes compactos tienen las siguientes características:

- Tensión: 220 V
- Potencia: 105 W
- Flujo luminoso: 2500 lm
- Vida útil: 8000 horas



**Figura 20.** Sistema de iluminación Elevado

Como el sistema de iluminación elevado no da la suficiente capacidad de luz en la jaula de los pisos bajos, se instalaron mangueras de luz led blanca en los dos primeros pisos de cada nave de jaulas, para que las aves puedan visualizar el alimento y el agua, así el desarrollo de la parvada será uniforme en todo el galpón.

La manguera tiene las siguientes características:

- Voltaje: 110v
- 60 led por metro
- Luminosidad: 1200 lm





**Figura 21.** Manguera Led

**Fuente:** (Mibricolaje, 2019)

### **3.9 Almacenamiento y distribución de Alimento**

El galpón dispone de un silo para el abastecimiento y almacenaje de alimento balanceado de 18 toneladas métricas, esta capacidad permite disponer de alimento durante 5 días, cuando la capacidad del galpón está a tope y en la edad máxima de alojamiento en este sistema, construido en acero galvanizado que ayuda a mantener en estado óptimo el alimento y libre de roedores. También consta de un sistema de tornillo sinfín para la extracción y distribución del alimento balanceado.



**Figura 22.** Silo Metálico de Almacenamiento

**Fuente:** (Avioeste, 2019)

### **3.10 Selección de Componentes**

Para la construcción de este proyecto es necesario considerar varias alternativas de elementos a utilizar y elegir los más adecuados para el proceso y que convengan a la empresa en términos económicos y de fácil manejo.

### **3.11 Método de Factores Ponderados**

Este método permite realizar un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas que permitan determinar la mejor opción, dentro de la selección de un equipo o proceso a seguir.

El objetivo de este método es buscar las mejores alternativas de equipos o caminos a seguir dentro de un procedimiento, tomando en cuenta los factores más importantes que intervienen dentro del proceso, así como también las preferencias de la empresa donde se van a aplicar.

Para aplicar este método se seguirán los siguientes pasos:

- Determinar una relación de los factores relevantes para el proyecto.
- Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
- Asignar una escala a cada factor de 1 a 10.
- Evaluar cada alternativa de acuerdo con la necesidad
- Multiplicar la puntuación por los pesos para cada alternativa y obtener el resultado total.
- Realizar una recomendación de acuerdo con la alternativa que obtuvo la mayor puntuación tomando en cuenta las fortalezas de cada una de las opciones. (Jarabo & Garcia, 2019)

### **3.12 Selección del controlador**

La selección del controlador se realizará partiendo de la comparación entre dos opciones de PLC's de marcas reconocidas, teniendo en cuenta que el controlador es la parte más importante dentro del proceso pues hace posible el monitoreo y el control de las variables, se tomará en cuenta las características de cada uno que permitan realizar

el proyecto de manera óptima, considerando las necesidades de monitoreo del galpón para la empresa.

### Opción 1: PLC Unitronics v700



**Figura 23.** Unitronics V700

**Fuente:** (SIDE, 2019)

El PLC v700 incorpora HMI con una pantalla táctil de 7 pulgadas de 65k colores además los módulos de expansión tienen la capacidad de añadir E/S de forma local con módulos snap-in que se incorporan en la parte posterior del PLC o mediante una red con módulos de comunicación, con una capacidad de conectividad de hasta 1000 metros de distancia, convirtiendo al PLC V700 en un equipo rentable para aplicaciones industriales de automatización de hasta 1000 E / S. (SIDE, 2019).

El software Visilogic es de acceso libre y permite el desarrollo de la programación de la parte automática, así como del HMI de la pantalla táctil, también dispone de herramientas de acceso remoto con el fin de monitoreo del proceso y mantenimiento del equipo. (SIDE, 2019)

Características principales de este equipo son:

- Pantalla de 7" (800x480) táctil a color LCD TFT.
- Puerto Ethernet integrado.
- Memoria ladder: 2MB.
- Memoria para imágenes: 60MB (hasta 500 imágenes)
- Módulos opcionales de entradas de alta velocidad (HSC), termopar/PT100, analógicas y salidas analógicas, de PWM (pulse with modulation), por relé y transistor.
- Programación de recetas, alarmas, gráficas, multilinguaje.
- Adquisición de datos vía microSD.
- Comunicación: Ethernet TCP/IP, Modbus, DF1 esclavo, Profibus, Bacnet, canOpen y UniCan, GSM/GPRS/SMS.
- IP66 / IP65 / NEMA4X

## Opción 2: PLC Siemens Simatic s1200



**Figura 24.** Simatic S7-1200

**Fuente:** (Siemens, 2019)

El PLC Simatic S7-1200 es uno de los más populares en el mercado por su calidad y reconocimiento durante años, tiene una gran cantidad de características para aplicaciones industriales de todo tipo, permite realizar conexiones con paneles touch de la misma marca, así como también dispone de gran variedad de módulos de conexión directa y también se los puede conectar mediante redes industriales.

Las características técnicas de las que se destacan son las siguientes:

- ✓ Alta capacidad de procesamiento.
- ✓ Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- ✓ Entradas analógicas integradas.
- ✓ Bloques de función para control de ejes conforme a PLCopen.

- ✓ Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 que permite la configuración y programación.
- ✓ El sistema S7-1200 dispone de cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) que se pueden expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas o procesos que se desea controlar. (Siemens, 2019)

### 3.12.1 Criterio de Selección de Controlador

De acuerdo con el criterio de selección se procede a realizar la tabla comparativa entre los dos PLC's con el objetivo de tomar la mejor decisión en la selección del equipo a utilizar en el proyecto.

**Tabla 6**

*Selección de Controlador*

CARACTERÍSTICAS	PESO RELATIVO % (P)	OPCIÓN 1		OPCIÓN 2	
		CALIFICACIÓN ©	(P)*©	CALIFICACIÓN ©	(P)*©
HMI INTEGRADO	25	10	2,5	0	0
COMUNICACION	20	7	1,4	7	1,4
APP CONTROL	20	8	1,6	3	0,6
MODULOS E/S	15	8	1,2	6	0,9
COSTO	20	6	1,2	6	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>7,9</b>		<b>4,1</b>

De acuerdo con la tabla de selección, la mejor alternativa para el proyecto es la opción 1 el PLC Unitronics V700 que de acuerdo con las características que posee, ayudarán al desarrollo y control de una manera adecuada del sistema.

Este PLC tiene incorporada una pantalla touch que permite visualizar el estado de las variables del sistema, así como de los parámetros a controlar, otra de las fortalezas de este equipo es que permite el monitoreo del sistema mediante una aplicación móvil o un escritorio remoto.

### **3.13 Selección de módulo de entradas y salidas**

El módulo Snap-in de expansión seleccionado es el V200-18-E3XB, tomando en cuenta el número de variables a controlar (salidas) y los sensores que se utilizaron (entradas), este módulo es de conexión directa, no es necesario realizar una red de comunicación para su funcionamiento.

Las características de modulo son:

- ✓ Voltaje de operación 24 VDC
- ✓ Salidas 15 a relé
- ✓ 4 salidas aisladas 0-10 V, 4-20 mA, 12 bits
- ✓ 2 salidas PWM (pnp 0,5 kHz, npn 50 kHz)
- ✓ Salidas Transistor aisladas 2 pnp/npn
- ✓ Entradas digitales 18 pnp/npn aisladas
- ✓ Entradas encoder 2 (10 kHz-32 bit)



- ✓ 4 entradas a Thermocouple, PT100, 0-10v,4-20 mA, 14 bits



**Figura 25.** Módulo de Expansión Snap-in

**Fuente:** (Unitronics, 2019)

### 3.14 Fuente de alimentación

Para alimentar el PLC es necesario 24 V. por esta razón, se utilizará una fuente de la marca Siemens modelo LOGO, que sirve para trabajo industrial y que no tiene un alto costo, estas fuentes disponen de un gran desempeño, tienen una reducida disipación de calor, así como también dispone de protección contra cortocircuitos y sobrecargas. (Siemens, 2019)

Las principales características de la fuente son:

- 24 V DC

- Entrada monofásica
- No es necesario disponer distancias libres a los costados
- Rendimiento de hasta un 89%
- LED verde indicador de encendido
- Rango de temperatura ambiente de 0 °C a +60 °C
- Refrigeración por convección natural
- Protección contra cortocircuitos y sobrecarga (Siemens, 2019)



**Figura 26.** Fuente de Alimentación de Voltaje

**Fuente:** (Siemens, 2019)

### 3.15 Selección de Sensor de humedad y temperatura

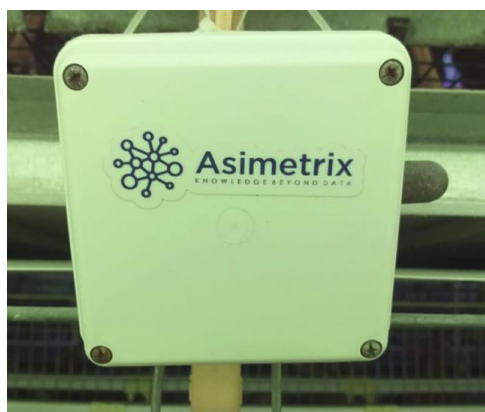
En el mercado se encuentran distintos tipos de sensores que combinan la medición de humedad y temperatura en un solo dispositivo, se utilizarán estos por la facilidad de

instalación de un solo dispositivo, se tomará en cuenta las siguientes características para la selección de los sensores.

- Costo
- Tipo de transmisión de datos
- Rango de medición
- Case de protección

### Opción 1

El Sensor de temperatura Asimetrix tiene la capacidad de medir temperatura y humedad de manera conjunta con una excelente precisión, con un porcentaje de error máximo de 0,2 °C y del 1 % en la humedad, la fuente de alimentación son 2 pilas AA y se comunica de manera inalámbrica, dispone de una carcasa de protección de la electrónica que le permite trabajar en ambientes hostiles, como aplicaciones agrícolas.



**Figura 27.** Sensor de Humedad y temperatura

**Fuente:** (Asimetrix, 2019)

## Opción 2

La sonda EE210 es un transmisor que permite la medición con una excelente precisión de la humedad y también de la temperatura en aplicaciones de control climático. El sensor tiene la electrónica de medición encapsulada en el interior de la sonda, esto le otorga la cualidad que se pueda utilizar el sensor en ambientes de trabajo exigentes. (Sensovant, 2019)

Características principales de este sensor:

- Salidas analógicas
- Fácil montaje y configuración
- Este sensor puede utilizarse en aplicaciones agrícolas como invernaderos, establos, galpones avícolas, incubadoras, etc. (Sensovant, 2019)



**Figura 28.** Sensor EE210

**Fuente:** (Sensovant, 2019)

### 3.15.1 Criterio de selección del sensor de humedad y temperatura

Para la selección de este sensor se toma en cuenta algunas características que tienen gran importancia para el desarrollo del proyecto, a continuación, se comparan dos opciones viables y de acuerdo con la calificación se elegirá la mejor alternativa.

**Tabla 7**

*Selección de sensor de temperatura y humedad*

CARACTERÍSTICAS	PESO RELATIVO % (P)	OPCIÓN 1		OPCIÓN 2	
		CALIFICACIÓN ©	(P)*©	CALIFICACIÓN ©	(P)*©
ALIMENTACIÓN	25	8	2	6	1,5
COMUNICACIÓN	25	9	2,25	7	1,75
ENCAPSULADO	20	5	1	9	1,8
RANGO DE MEDICIÓN	10	8	0,8	8	0,8
COSTO	20	7	1,4	6	1,2
<b>TOTAL</b>	100		7,45		7,05

Los resultados indican que la mejor opción para el proyecto es la alternativa 1, aunque no existió una gran diferencia con la otra alternativa, la comunicación inalámbrica y el consumo bajo de energía son las características que más influyeron en la selección del sensor Asimetrix.

### 3.16 Selección de Sensor de peso

Los sensores de peso que se necesitan para la aplicación deben tener una gran precisión, así como un tamaño pequeño ya que van a ser instalados dentro de las jaulas de las aves.

#### Opción 1

El sensor de peso Asimetrix tiene la capacidad de pesar de manera exacta las aves con un error mínimo equivalente a 0.10 gramos, la transmisión de datos es inalámbrica, así como el consumo de energía es bajo, dispone una estructura para el peso de las aves y la capacidad máxima de peso es de 5000 gramos.

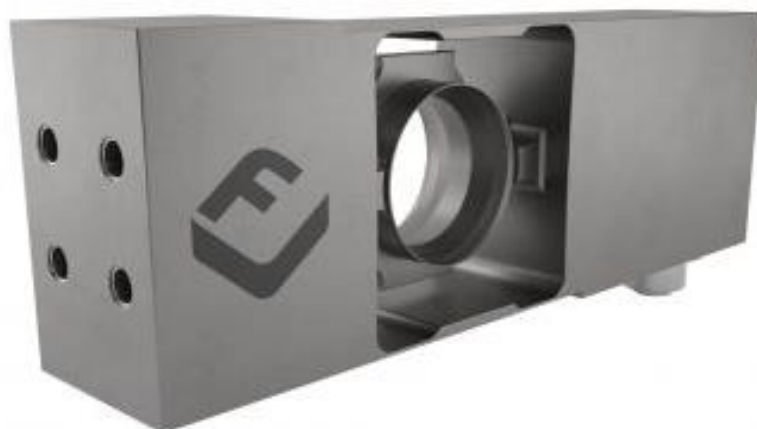


**Figura 29.** Sensor de peso Asimetrix

Fuente: (Asimetrix, 2019)

## Opción 2

El PC6D es un modelo digital de una celda de carga de punto único. Está diseñado para equipos de pesaje de múltiples cabezales, ya sean materiales secos o líquidos, la interfaz CANopen proporciona una conexión a computadoras estándar y a PLC. Es fabricada en acero inoxidable, esta celda de carga está diseñada para trabajar en entornos hostiles, la capacidad de carga de este sensor es de máximo 20kg y un error máximo de medición de 0,02 gramos. (Flintec, 2019)



**Figura 30.** Sensor de peso Monoplato PC6D

Fuente: (Flintec, 2019)

### 3.16.1 Criterio de selección para el sensor de peso

Teniendo en cuenta el uso destinado al sensor según el criterio de selección, se compara las dos opciones antes indicadas.

**Tabla 8***Selección de sensor de Peso*

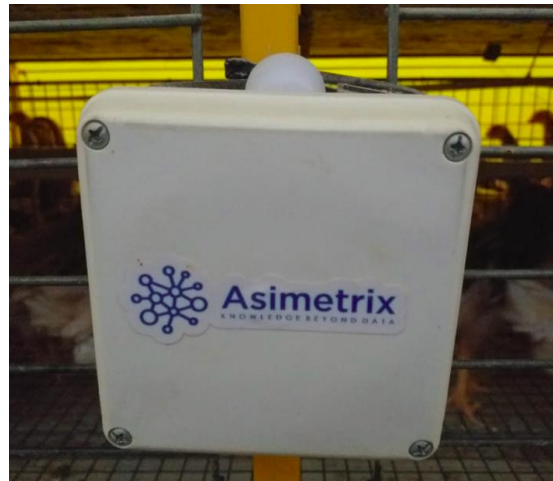
CARACTERÍSTICAS	PESO RELATIVO % (P)	OPCIÓN 1		OPCIÓN 2	
		CALIFICACIÓN ©	(P)*©	CALIFICACIÓN ©	(P)*©
ALIMENTACIÓN	25	6	1,5	6	1,5
COMUNICACIÓN	25	9	2,25	8	2
ESTRUCTURA	20	8	1,6	2	0,4
DISPONIBILIDAD	10	8	0,8	5	0,5
COSTO	20	8	1,6	7	1,4
<b>TOTAL</b>	100		7,75		5,8

Tomando en cuenta la ponderación de cada una de las alternativas la mejor opción es el sensor de peso Asimetrix por sus distintas características y principalmente por la estructura la cual es necesaria para la medición del peso de las aves.

### 3.17 Selección de Sensor de luminosidad

Se tomó en cuenta las características de la selección de los sensores anteriores, por lo que para medir la luz se utilizó el sensor de luminosidad de marca Asimetrix que permite medir la cantidad de luz en lúmenes por metro cuadrado, dispone de comunicación inalámbrica y su fuente de alimentación son dos pilas AA.





**Figura 31.** Sensor de Luminosidad

Fuente: (Asimetrix, 2019)

### 3.18 Módulo de recepción de datos de sensores

El módulo Asimetrix tiene la capacidad de recibir y transmitir las señales enviadas por cada uno de los sensores tanto de humedad-temperatura, luminosidad y peso de las aves.



**Figura 32.** Modulo de Recepción de Datos

Fuente: (Asimetrix, 2019)

## CAPITULO IV

### DESARROLLO DEL SISTEMA

#### 4.1 Modo de Operación Manual del Galpón

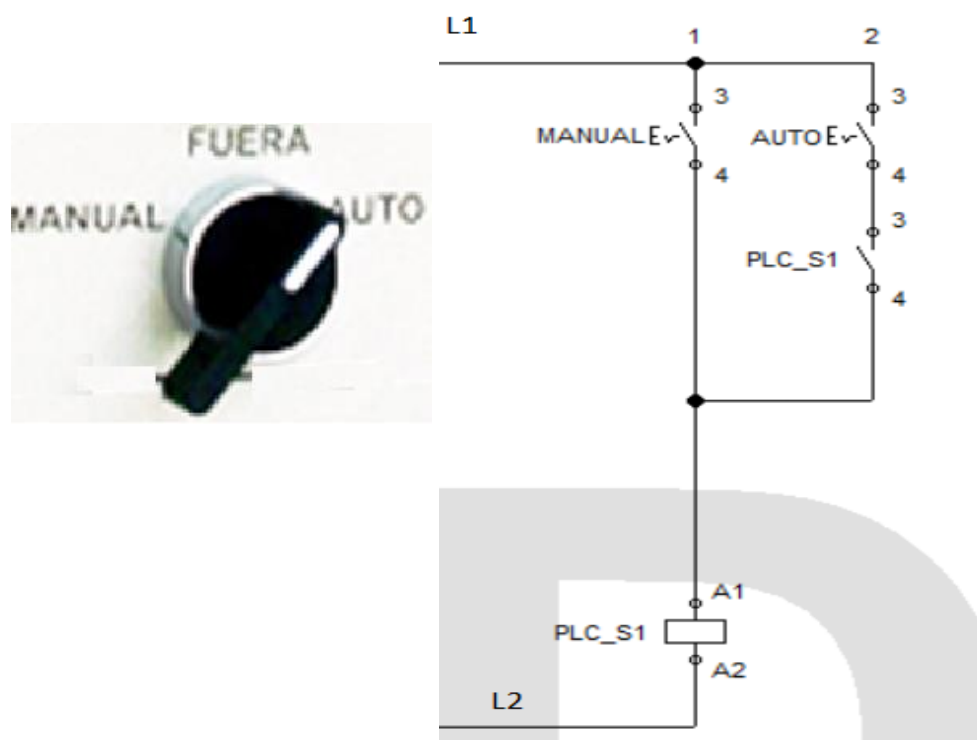
En el modo de operación manual del galpón de crianza de aves se utiliza colocando los selectores en la opción manual, los mismos que se encuentran en el tablero de potencia, el operario podrá manipular todos los actuadores desde esta opción, con lo cual será un control a partir de la visualización y monitoreo de las variables por el operario.



**Figura 33.** Tablero de Potencia

En la Figura 33 se aprecia el tablero de potencia a utilizar, donde se encuentran todos los componentes de control de potencia y seguridades de desconexión eléctrica.

Además, se encuentra el variador de frecuencia que permite el cambio de un sistema de alimentación eléctrico bifásico a trifásico.



**Figura 34.** Diagrama selector cambio Automático-Manual

En la figura anterior se muestra el diagrama de conexión para el control de uno de los actuadores que se encuentran dentro del galpón, este diagrama es el mismo que se utilizará para el control de todos los actuadores, y permitirá el cambio de un control manual a un control automático de la siguiente manera:

- ✓ El selector colocado en la posición izquierda permitirá un control manual de los actuadores.
- ✓ El selector colocado en el centro mantendrá apagado los actuadores.

- ✓ El selector colocado en la posición derecha permitirá que el PLC controle los actuadores.

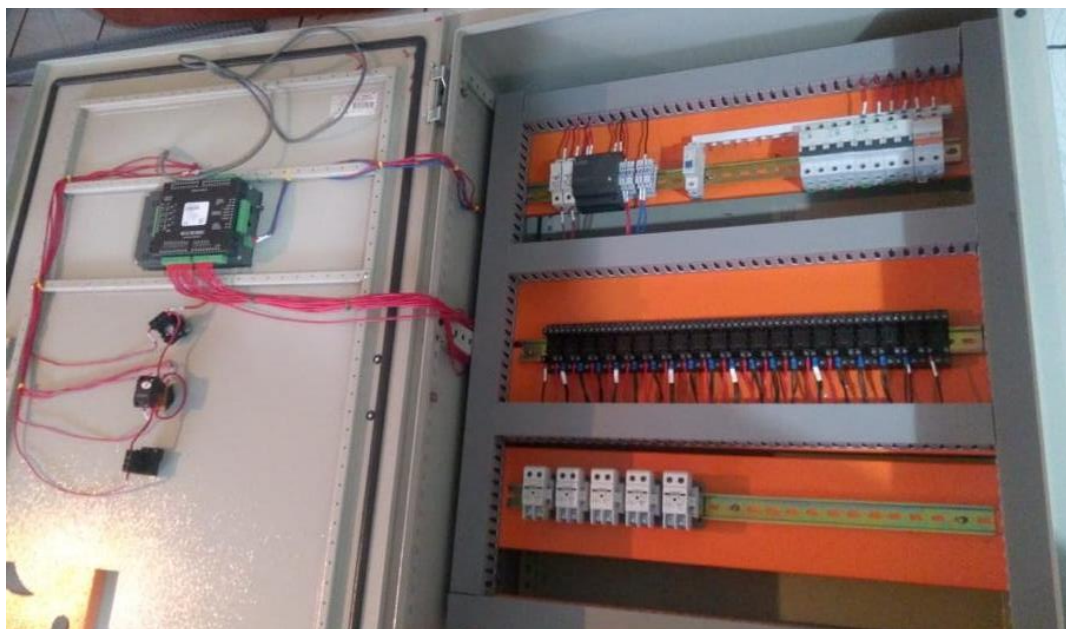
Los actuadores a los cuales se realizará esta conexión son:

- ✓ Ventiladores: 1,2,3,4
- ✓ Calefactores: 1,2
- ✓ Extractores: 1,2
- ✓ Iluminación: pasillos, jaula
- ✓ Safin alimentador de coches

## **4.2 Modo Automático del Galpón**

### **4.2.1 Construcción de tablero para PLC**

Se construirá un módulo para realizar el control automático de todas las variables y que permita la conexión con el módulo de potencia, con accionamientos a partir de las salidas del PLC a relés de control de marca Siemens, contará además con la fuente de alimentación de 24 voltios para el PLC y sistemas de protección por sobre corriente y corto circuito como se observa en la imagen posterior.



**Figura 35.** Construcción de módulo para PLC

Para operar en modo automático se debe colocar los selectores en la posición automático de todos los actuadores, estos se encuentran en el tablero de potencia del sistema, en la imagen posterior se muestra el tablero de control con el PLC que permite controlar de manera automática los siguientes actuadores:

- ✓ Calefactores Diésel Mounters
- ✓ Iluminación elevada
- ✓ Iluminación Led
- ✓ Ventiladores
- ✓ Persianas
- ✓ Extractores



**Figura 36.** Tablero de Control

#### 4.2.2 HMI

En la interfaz del sistema con el usuario se desarrolló un sistema con submenús para facilitar el monitoreo de cada variable y el estado de estas.

El sistema dispone de un botón para encender el control, también un botón de paro de emergencia por seguridad en caso de que exista algún error y sea necesario suspender el funcionamiento del proceso. Las pantallas secundarias de acuerdo a las opciones de monitoreo y medición como son:

- ✓ Hidratación

- ✓ Climatización
- ✓ Iluminación
- ✓ Alimentación
- ✓ Lote

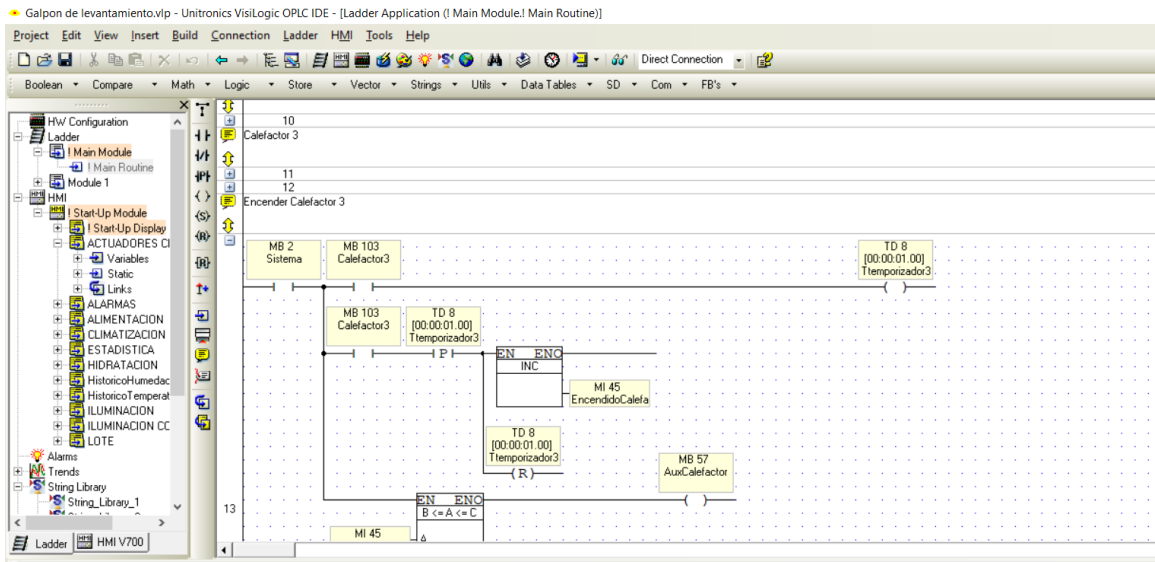


**Figura 37.** Pantalla Principal HMI del Proceso

#### 4.3 Programación Del PLC

La programación del PLC se efectuará con el uso de ladder, en el software Unitronics Visilogic que es propio del controlador, tomando en consideración el control de las variables y el monitoreo necesario de cada factor dentro del sistema.

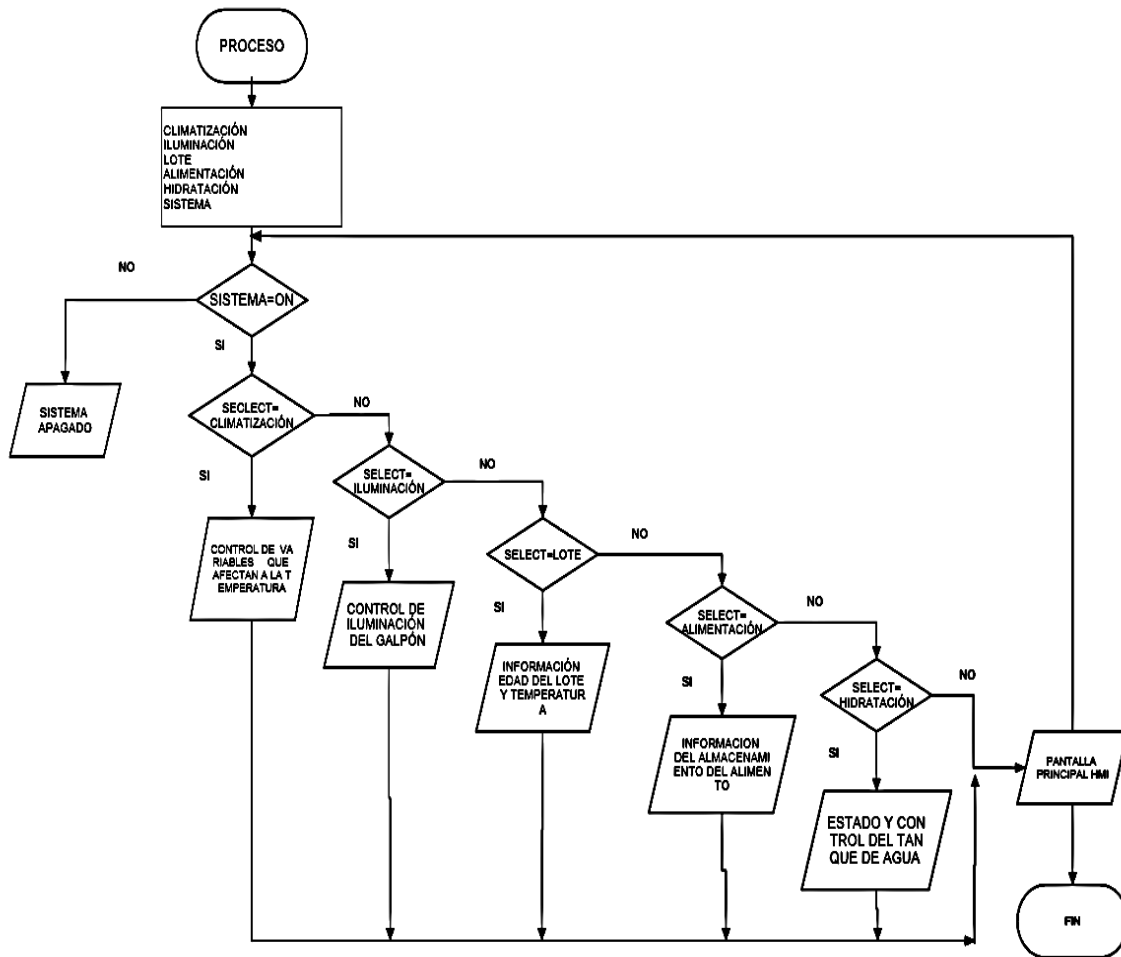
En la ilustración posterior se observa parte del desarrollo del programa en el software Visilogic.



**Figura 38.** Ladder de programa

La programación se realizó de acuerdo con las variables de control, por separado cada una, esto con la finalidad de realizar mejoras o cambios por el manejo de la genética solo en las variables necesarias y no en toda la programación.





**Figura 39.** Diagrama de Funcionamiento del Proceso

#### 4.4 Climatización

Cuando se selecciona la opción climatización dentro del HMI principal se despliega otra pantalla en la cual se puede elegir entre un control manual de cada variable o un control automático, tomando en cuentas los valores de temperatura y humedad medidos por los sensores que se encuentran dentro del galpón, en ambos se casos se puede visualizar el estado de cada variable encendido o apagado, en esta pantalla del HMI se

realiza el control de los siguientes controladores tomando en cuenta las variables sensadas:

### Controladores



Calefactores

Ventiladores

Persianas

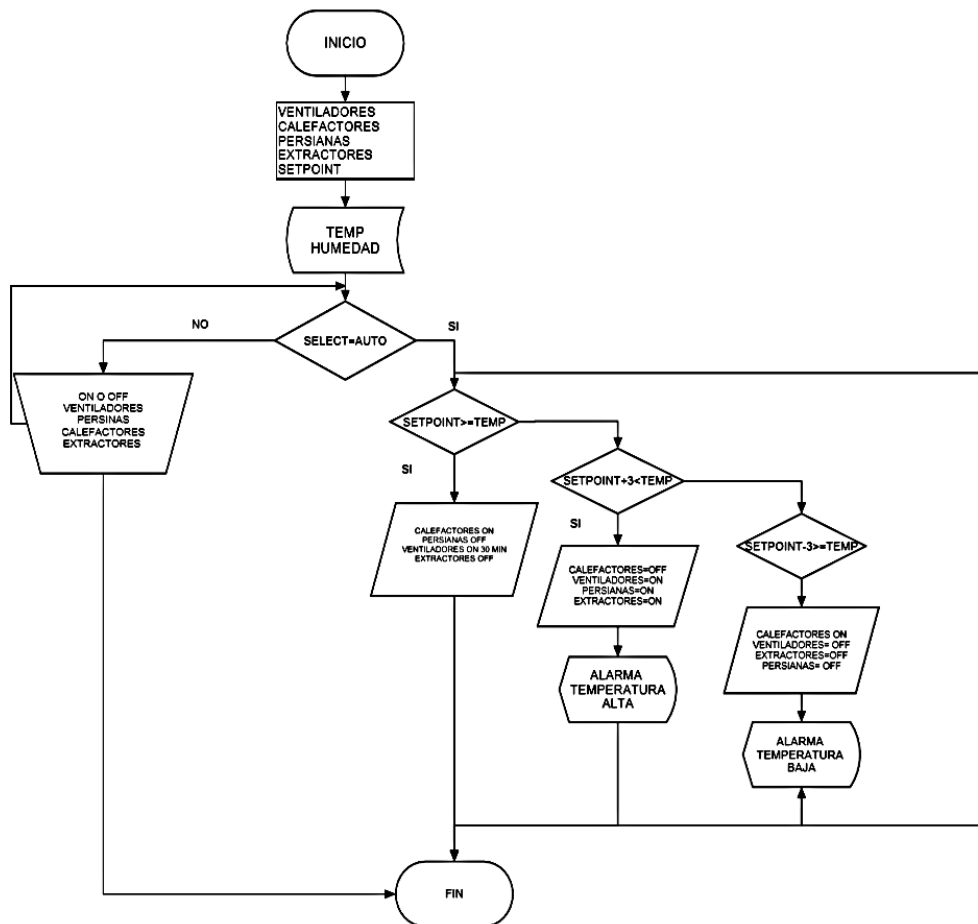
Extractores

### Variables Medidas



Temperatura

Humedad



**Figura 40.** Diagrama de flujo control de Temperatura

#### 4.4.1 Modo Automático

Se despliega la pantalla que se muestra en la ilustración 41, en la cual el operario solamente deberá colocar el set point de temperatura que corresponde a la edad en que se encuentra la parvada, con el fin de realizar el control de cada variable de modo autónomo.

Esta pantalla muestra el valor de la temperatura y humedad del galpón, así como el estado de cada variable, si éstas se encuentran encendidas o apagadas de acuerdo con la temperatura del interior del galpón, cambiará el estado de las variables, se activan las alarmas de temperatura tanto en alto como en bajo de acuerdo las siguientes condiciones:

- ✓ Si la temperatura es tres grados mayores al set point se activará la alarma de temperatura alta, como consecuencia se encienden los extractores y se abren las persianas.
- ✓ Si la temperatura es tres grados menores al set point se activará la alarma de temperatura baja y permanecerán cerradas las persianas, y los extractores apagados.

Los ventiladores trabajan con un encendido de manera intermitente teniendo treinta minutos encendido y treinta minutos apagado cada hora, con el objetivo de distribuir la temperatura y mantenerla uniforme a lo largo y ancho del galpón.

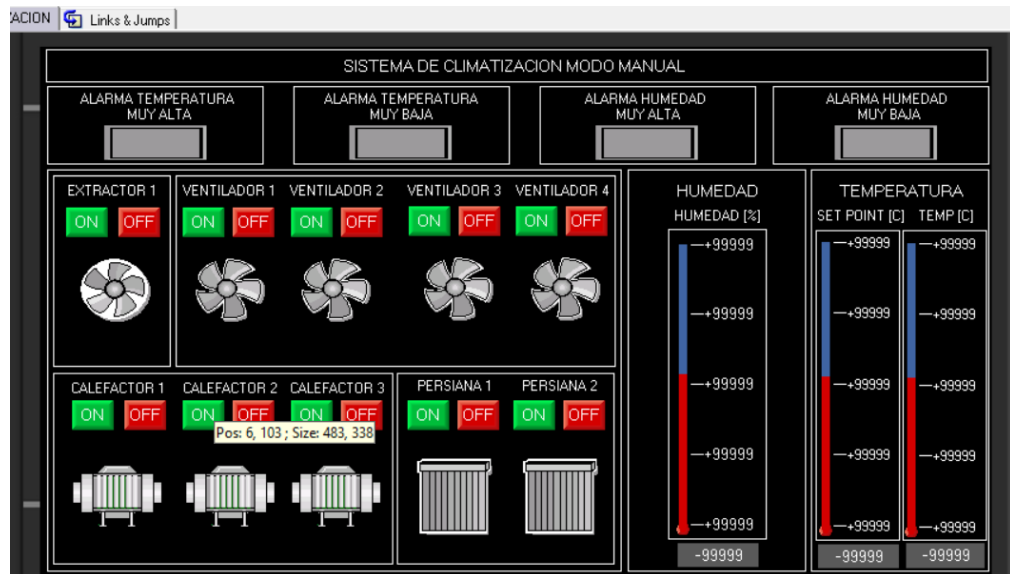
La temperatura que el operador va a colocar en el set point se muestra en la Tabla 2, se toma en cuenta que hasta la semana 4 las aves han logrado un desarrollo óptimo y estas se adaptarán a la temperatura ambiente.



**Figura 41.** HMI Climatización Modo Auto

#### 4.4.2 Modo manual

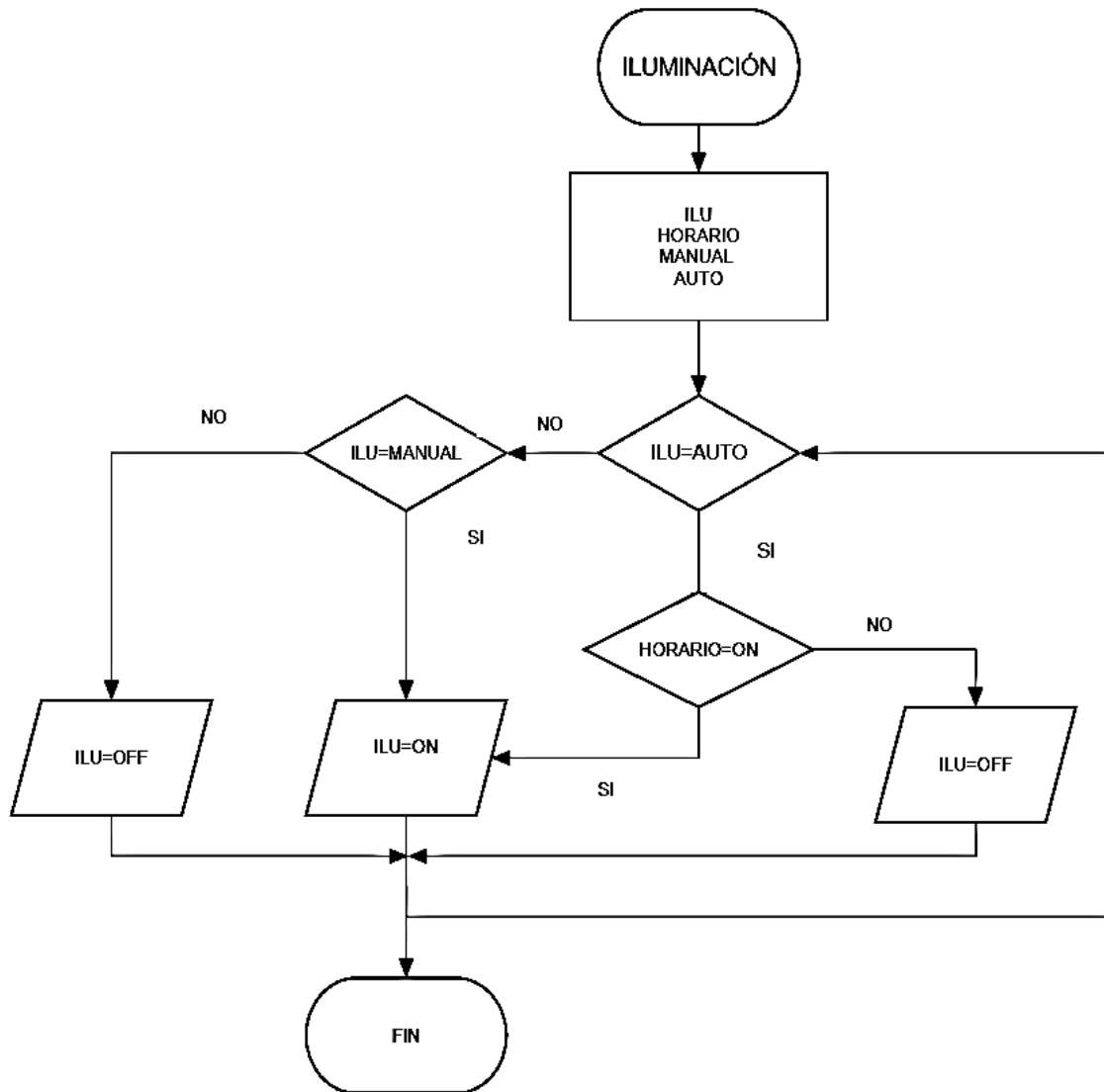
Colocando el selector de la pantalla automática, en la posición manual se va a desplegar una nueva pantalla en el PLC, donde el operador podrá encender o apagar cada actuador por separado sin tomar en cuenta la temperatura del galpón, esta opción ayudará en caso de que el control automático tenga algún fallo o se requiera encender cualquier actuador por separado.



**Figura 42.** HMI Modo Manual

## 4.5 Iluminación

Seleccionando la opción iluminación en el HMI principal se despliega una nueva pantalla donde se permitirá elegir entre un control manual o un automático.



**Figura 43.** Diagrama Funcionamiento Iluminación

#### 4.5.1 Control Manual

El control manual se activará al colocar el selector de la pantalla iluminación en la posición manual y permitirá al operador del galpón encender o apagar de acuerdo con el

criterio de manejo o necesidad, los focos ahorradores que se encuentran en el techo del galpón y la manguera led que se encuentra en medio de las jaulas, en cualquier momento y de manera individual cada una.

#### 4.5.2 Control Automático

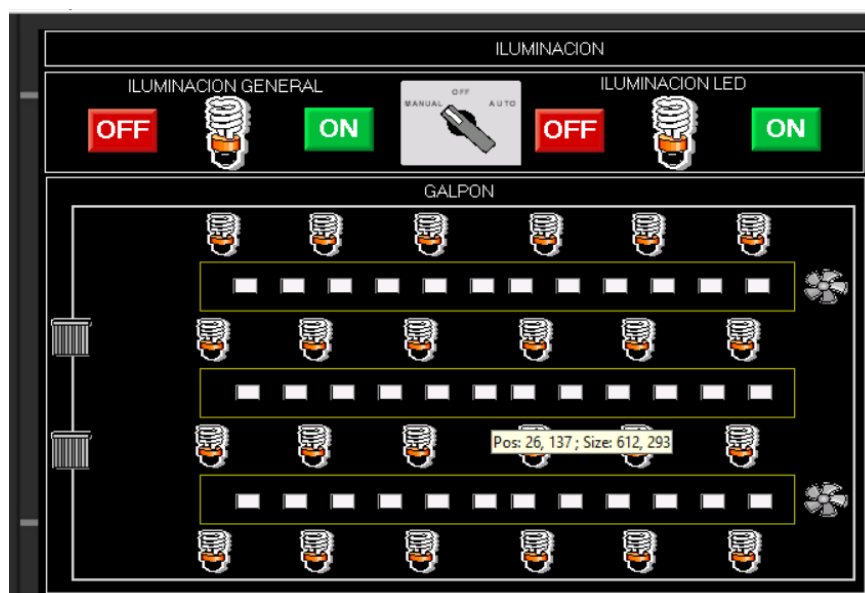
Al colocar el selector en la posición de Auto entrará en funcionamiento un programa de iluminación de acuerdo con la edad del lote de crianza, desarrollado por el veterinario responsable de la empresa, tomando en cuenta que es un galpón abierto y la guía de manejo de la genética.

El programa de iluminación funcionará de acuerdo con la tabla 9, en la que está dado el horario en el que la iluminación permanece en off, tomando en consideración la edad del lote.

**Tabla 9**

*Programa de iluminación*

ILUMINACIÓN APLICADA EN GALPÓN ABIERTO		
EDAD (SEM)	HORAS LUZ	HORARIO SIN ILUMINACIÓN
DÍA 1--2*	23	23:00 - 00:00
DÍA 3--6*	22	19:00 - 20:00 / 3:00 - 4:00
2	18	19:00 - 22:00 / 3:00 - 6:00
3	16	19:00 - 23:00 / 2:00 - 6:00
4	14	18:00 - 23:00 / 1:00 - 6:00
5	12*	LUZ NATURAL*
* HASTA EL TRASLADO A PRODUCCIÓN		



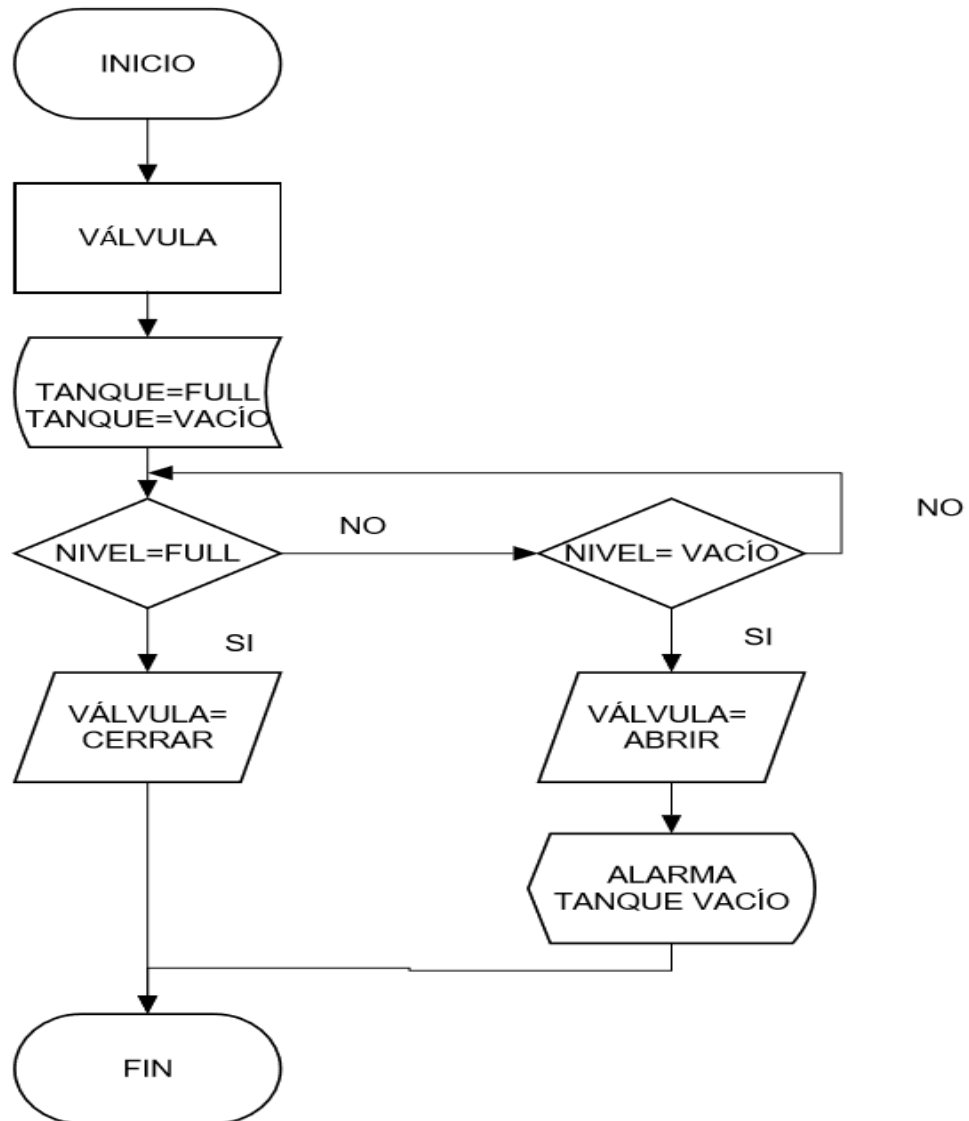
**Figura 44.** HMI Iluminación

#### 4.6 Hidratación

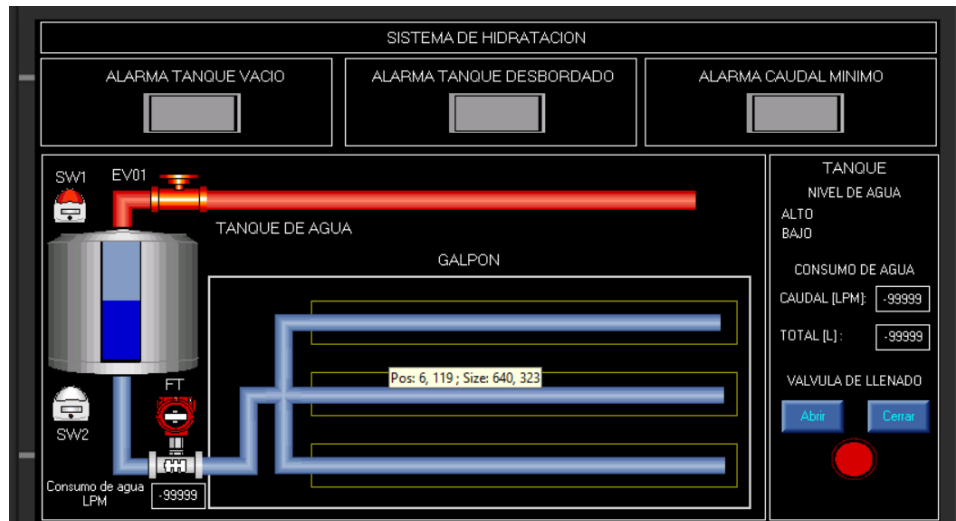
Al seleccionar hidratación del menú del HMI principal se desplegará una pantalla donde se obtendrá la información del estado del tanque de agua con sus respectivas alarmas, cuando el tanque se encuentre vacío se activará la alarma para que el operador pueda tomar acciones correctivas con rapidez, cuando el tanque se encuentra lleno también se activará una alarma indicando que ya no puede ingresar más agua.

Se dispone también de una válvula selenoide que se encontrará en la tubería de ingreso de agua al tanque, ésta permitirá la apertura o cierre del ingreso del agua, de acuerdo a la necesidad de la misma para el consumo de las aves dentro del galpón.





**Figura 45.** Diagrama de Funcionamiento de Hidratación



**Figura 46.** HMI Hidratación

#### 4.7 Lote

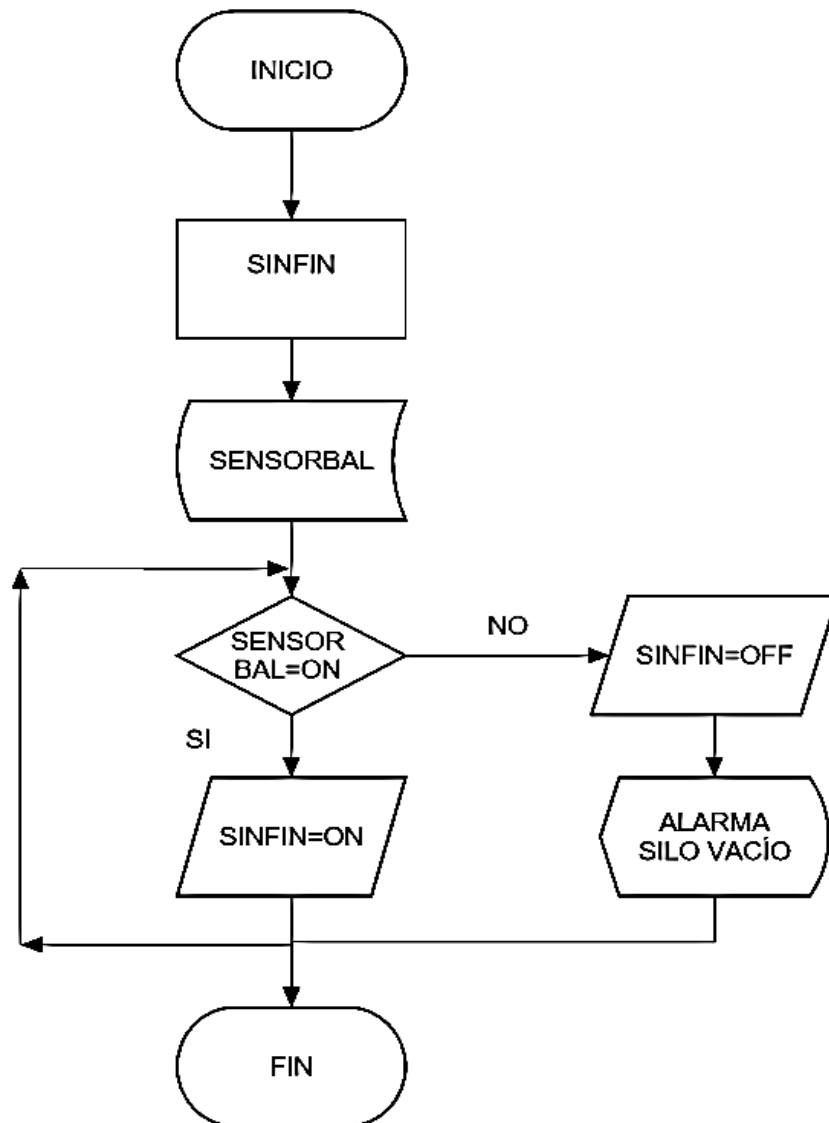
El HMI que se desplegará al seleccionar la opción lote muestra la edad de la parvada en días y semanas, tendrá la opción de reiniciar el conteo de los días cuando se ingrese un nuevo lote de aves al galpón, también se dispondrá de una guía de la temperatura a la que deben estar las aves de acuerdo con la edad en la que se encuentren.



**Figura 47.** HMI lote

## 4.8 Alimentación

El HMI de la sección alimentación permitirá visualizar el estado del sensor de alimento, además de activar o desactivar del sinfín de llenado de los coches alimentadores de cada una de las naves de jaula del galpón y también se dará una advertencia a manera de alarma cuando el silo de almacenamiento de balanceado se encuentre vacío.



**Figura 48.** Diagrama Funcionamiento alimentación



**Figura 49.** Sinfín de transporte alimento a coches

#### **4.9 Monitoreo por App Móvil**

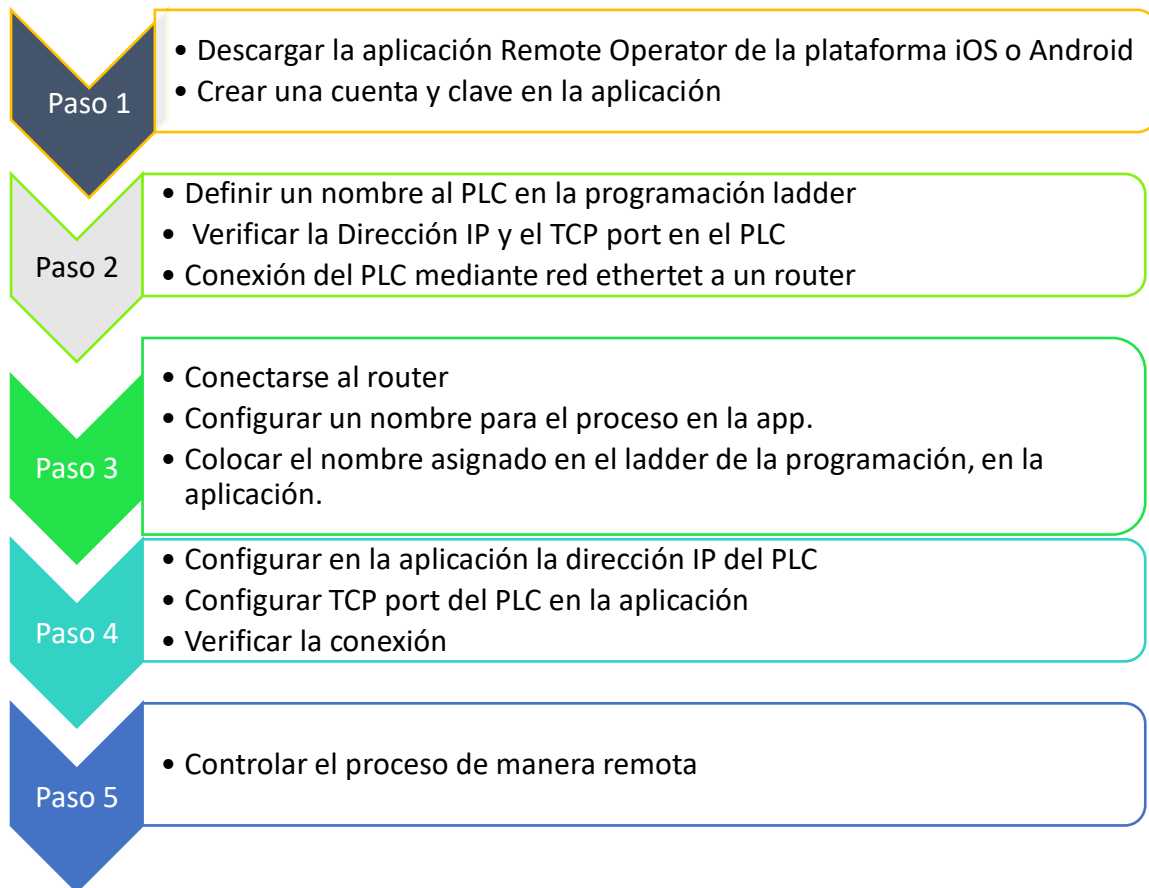
A partir del desarrollo en la programación del PLC de una red Ethernet y utilizando un router, podemos tener acceso al proceso mediante una aplicación móvil propia de unitronics, que permite visualizar y controlar el proceso de manera remota.

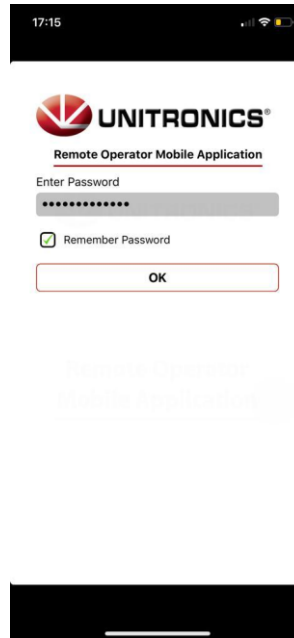
Se colocaron claves de seguridad para tener acceso desde la aplicación al proceso en el PLC con lo que solo las personas autorizadas podrán ingresar al sistema de manera remota.

El nombre de la aplicación es 'Remote Operator' y no tiene costo para utilizarla, puede ser descargada tanto para sistemas Android como para iOS, esta aplicación permitirá visualizar y controlar todos los HMI del proceso, en tiempo real y de modo amigable con el usuario.

Se dio el nombre de galpón de levante al proceso donde se elegirá este cuando se necesite controlarlo mediante la aplicación.

Se seguirán los siguientes pasos para la configuración y conexión de la aplicación al proceso:





**Figura 50.** Ingrese a la App con Clave



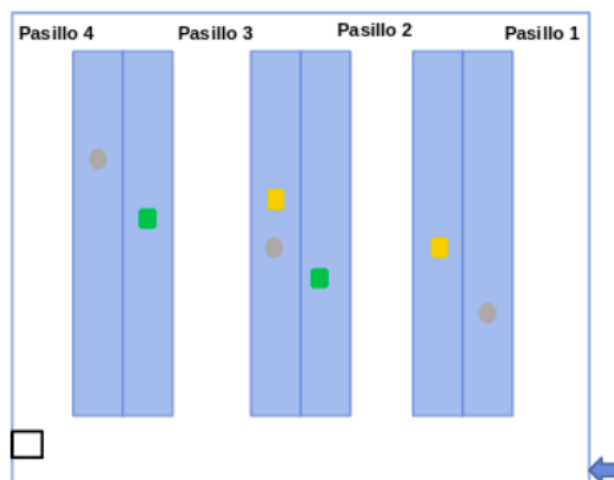
**Figura 51.** Visualización del HMI mediante App

#### 4.10 Monitoreo de sensores IoT con Asimetrix

La plataforma Asimetrix, gestiona el desarrollo de las Smart farms, ayuda al análisis de los datos dentro de las explotaciones avícolas permitiendo tomar mejores decisiones en el manejo de la crianza de aves de postura, se utiliza una cuenta de usuario y una clave de acceso para que solo el personal autorizado tenga los datos de la nave de crianza, se monitorea en tiempo real las siguientes variables del galpón:

- ✓ Temperatura
- ✓ Humedad
- ✓ Luminosidad
- ✓ Pesos de las aves

A continuación, se indicará la localización de cada uno de los sensores que se monitorearán dentro del galpón.







**Figura 52.** Localización de Sensores en el galpón

Fuente: (Asimetrix, 2019)

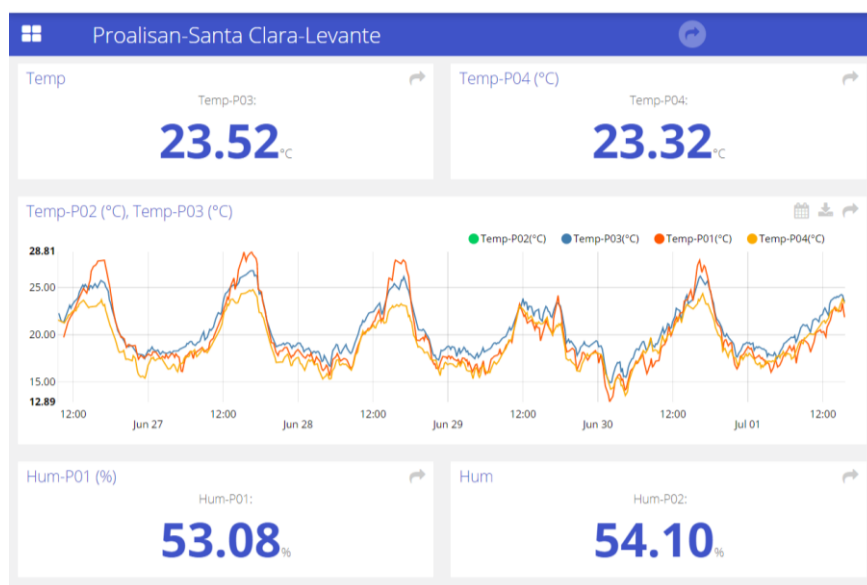


Tomando en cuenta la ilustración anterior y según los colores la distribución de los sensores está dada de la siguiente manera:

-  Sensores de pesaje
-  Sensores de Temperatura y humedad
-  Sensores de luminosidad
-  Receptor se señales

#### 4.10.1 Temperatura y humedad

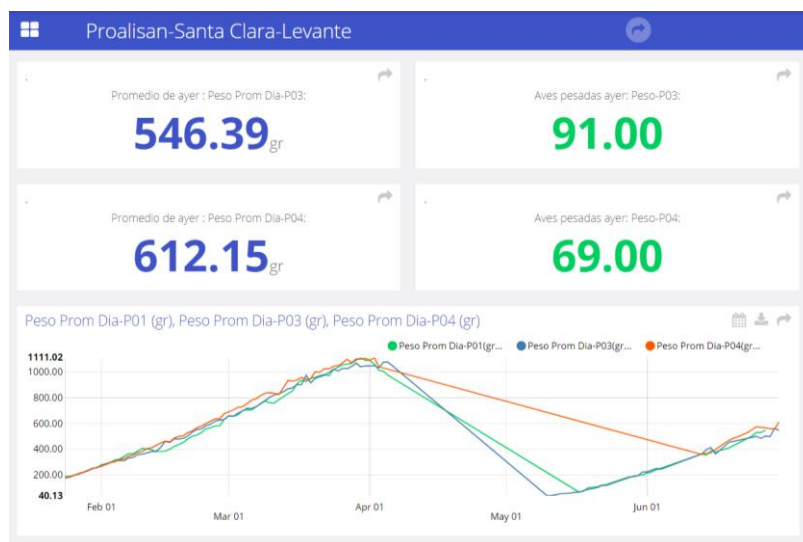
La plataforma Asimetrix permitirá monitorear en tiempo real el valor de la temperatura y humedad que se encuentra dentro del galpón y también proveerá gráficas de las curvas con datos históricos de acuerdo con el rango de fechas deseado.



**Figura 53.** Datos de Temperatura y Humedad

### 4.10.2 Sensores de peso

Los sensores de peso permitirán monitorear el peso de las aves a diario, analizando el número de aves que suben a la balanza y mostrando el promedio de peso de las aves cada día, logrando reducir las pérdidas causadas por el estrés del pesaje manual y así permitirá analizar el rendimiento del alimento balanceado que se administrará a las aves en cada a la etapa de crecimiento, indicado por la guía de manejo de la genética.



**Figura 54.** Datos de peso y Curva de crecimiento

### 4.10.3 Sensores de luz

Estos sensores permitirán visualizar los lúmenes de luz que proveerán los sistemas de iluminación en el comedero de la jaula, la importancia de esta medida radica en que a través de los niveles de luminosidad se incentiva el consumo del alimento y agua a las aves.

Se logrará determinar la falta de luminosidad causada por daños en los sistemas de iluminación, así como verificar que se cumplirá con el cronograma de iluminación.



**Figura 55.** Datos y curva de luz

#### 4.10.4 Histórico de Datos de las Variables

El sistema IoT tendrá la capacidad de almacenar las variables medidas en el galpón, con los sensores instalados, todos los datos obtenidos se almacenarán en una microSD, estos archivos pueden ser descargados como una hoja de cálculo de Excel y con esta información se tendrá la capacidad de realizar correcciones en el manejo de futuros lotes de crianza.

A continuación, se muestra como ejemplo los datos obtenidos de la Temperatura.

Autoguardado TEMPERATURA - Excel

Archivo Inicio Insertar Dibujar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Buscar

Calibri 11 A A Ajustar texto General

Pegar Fuente Alineación Número Estilos

POSIBLE PÉRDIDA DE DATOS Algunas características del libro se pueden perder si lo guarda como CSV (delimitado por comas). Para conservar estas características, guárdalo de Excel.

A2 1557881248000,2019-05-14 19:47:28,33.08,

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Timestamp,Human readable date,Proalisan-Santa Clara-Levante - m0170c055t1,Proalisan-Santa Clara-Levante - m0170c070t1									
2	1557881248000,2019-05-14 19:47:28,33.08,									
3	1557880595000,2019-05-14 19:36:35,32.97,									
4	1557873597000,2019-05-14 17:39:57,30.4,									
5	1557872938000,2019-05-14 17:28:58,28.35,									
6	1557870870000,2019-05-14 16:54:30,29.84,									
7	1557870197000,2019-05-14 16:43:17,29.7,									
8	1557866715000,2019-05-14 15:45:15,33.43,									
9	1557865306000,2019-05-14 15:21:46,34.36,									
10	1557863940000,2019-05-14 14:59:00,34.67,									
11	1557863279000,2019-05-14 14:47:59,34.25,									
12	1557862590000,2019-05-14 14:36:30,33.54,									
13	1557854884000,2019-05-14 12:28:04,32.14,									
14	1557854224000,2019-05-14 12:17:04,31.12,									
15	1557853564000,2019-05-14 12:06:04,31.81,									
16	1557850788000,2019-05-14 11:19:48,32.15,									
17	1557849423000,2019-05-14 10:57:03,31.56,									
18	1557848762000,2019-05-14 10:46:02,31.7,									
19	1557848101000,2019-05-14 10:35:01,33.39,									
20	1557846030000,2019-05-14 10:00:30,36.02,									

TEMPERATURA

Listo

**Figura 56.** Datos de la Temperatura

En la ilustración se observa los datos de temperatura, que tienen la siguiente información: la hora, fecha y un número de variable donde se encuentra almacenada la información.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 Introducción**

En el análisis de resultados se verificará el correcto funcionamiento de los sensores IoT, así como el control de las distintas variables del sistema realizado por el PLC. Se realizará una comparación de resultados entre dos lotes de crianza que ayudarán a determinar la optimización de recursos con la nueva implementación del sistema.

#### **5.2 Prueba y evaluación del controlador**

Una vez culminado el montaje del tablero de control y la conexión al tablero de potencia se procedió a comprobar una a una las salidas y entradas conectadas al PLC para verificar el correcto accionamiento de los actuadores a través del sistema automático.

Se realizaron las pruebas de accionamiento de: calefactores, ventiladores, extractores de aire y persianas, mediante el forzado del sensor de temperatura para comprobar la reacción del sistema en condiciones de ambiente extremo, verificando el disparo de alarmas.

Se realizaron pruebas de control mediante la aplicación móvil Remote Operator de la empresa Unitronics obteniendo resultados favorables de control y monitoreo de las variables de la implementación.

### **5.3 Prueba de sistemas y evaluación del uso de IOT**

#### **5.3.1 Prueba de Sensores de Peso**

Con un peso patrón equivalente a 1.000 gramos se verificó el peso de las balanzas y para su correcto funcionamiento, se recomendó hacer limpieza y verificación de la calibración de estas de manera mensual.

#### **5.3.2 Evaluación del Sistema IoT Versus pesaje Manual**

El pesaje manual se lo realiza en granja al cumplir cada semana de vida mediante balanzas de gancho digitales, se utilizaron balanzas que manejen la misma escala que los sensores IoT.

Con el sistema IoT al ser un sistema en línea que retroalimenta el peso de las aves 24 horas atrás, se tiene la información más precisa para la toma de decisiones nutricionales y de manejo de la parvada.

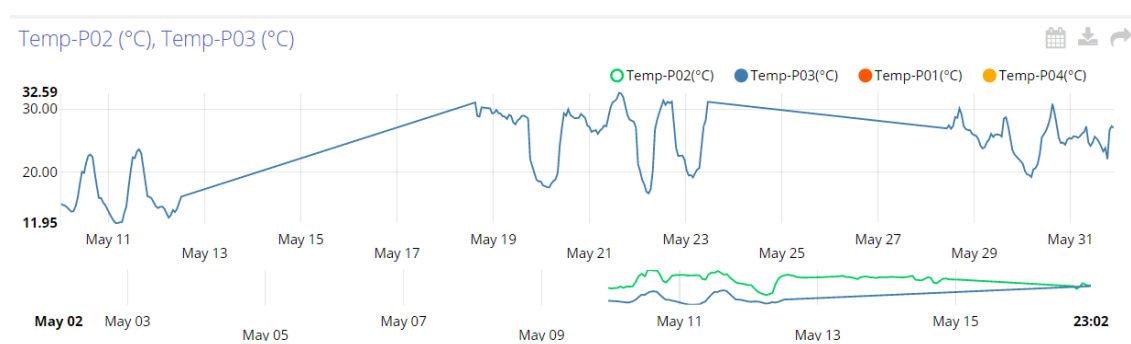
**Tabla 10***Tabla de comparación sensor vs pesaje manual*

<b>EDAD</b>	<b>L5 MANUAL (g)</b>	<b>L5 IOT (g)</b>	<b>DIF. IOT-MAN (g)</b>	<b>% DIF</b>
<b>DIA 1</b>	37	37,4	0,4	1
<b>SEMANA 1</b>	65,5	68,6	3,1	5
<b>SEMANA 2</b>	112,2	119,3	7,1	6
<b>SEMANA 3</b>	175,5	188	12,5	7
<b>SEMANA 4</b>	254,3	274,9	20,6	8
<b>SEMANA 5</b>	359,6	354	-5,6	-2
<b>SEMANA 6</b>	422	437,7	15,7	4
<b>SEMANA 7</b>	526	544,5	18,5	4
<b>SEMANA 8</b>	661,8	670,6	8,8	1
<b>SEMANA 9</b>	775,6	775,4	-0,2	0
<b>SEMANA 10</b>	888,7	886,2	-2,5	-0,3
<b>SEMANA 11</b>	981,6	993,5	11,9	1
<b>SEMANA 12</b>	1047	1087,5	40,5	4

Como se observa en la tabla anterior se muestran los datos obtenidos mediante el pasaje manual y el uso de IoT en un mismo lote donde se comprobó que el sensor de peso IoT a través del sistema de monitoreo obtuvo datos de peso con una mayor precisión.

### 5.3.3 Pruebas del Sistema IoT de Temperatura

Se realizaron Pruebas del sistema IoT de temperatura y del historial de la misma que muestra la plataforma, se observó las variaciones de temperatura en la gráfica y de esta manera se logra verificar el control del PLC en los actuadores para mantener la curva estable.



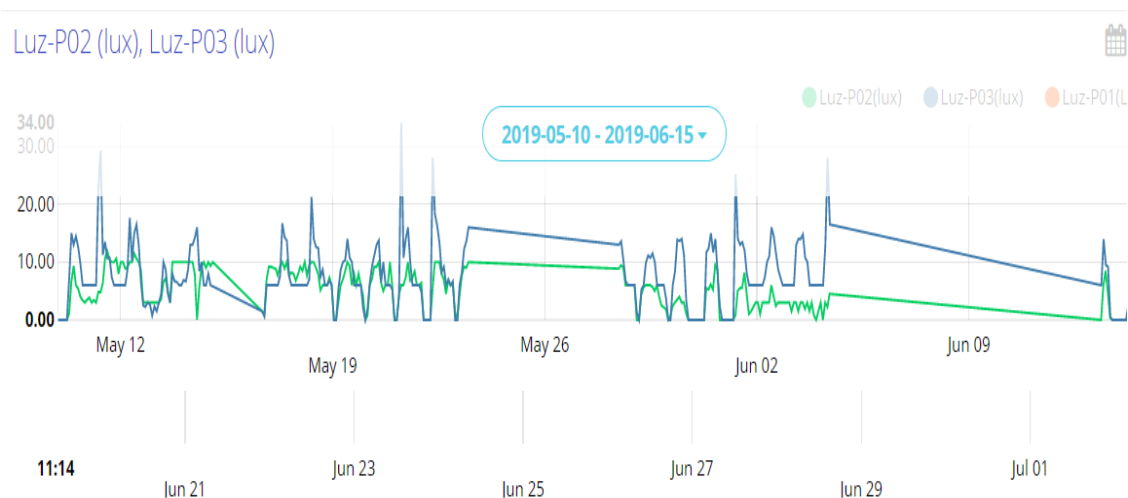
**Figura 57.** Curva de temperatura IoT

En la gráfica anterior se muestra el uso de la plataforma, permite observar si existió algún fallo en el sistema, estos pueden darse por fallos mecánicos en los calefactores como obstrucción de filtros de combustible o por falta de energía.

### 5.3.4 Pruebas del sistema IoT de luminosidad

Se realizaron pruebas del sistema IoT de medición de luz, así como también se revisó la curva del historial de iluminación dentro del galpón donde se verificó el control de iluminación de acuerdo con el cronograma establecido.





**Figura 58.** Curva de Luminosidad

La gráfica 58 de la plataforma Asimetrix indica los valores de lux de la iluminación dentro del galpón y también los instantes en que existió ausencia de luz ya sea por un fallo en el suministro de energía o por un defecto en el sistema de iluminación y también se puede comprobar el correcto funcionamiento del cronograma de iluminación dado según la edad de las aves que se encuentran en el galpón.

#### **5.4 Análisis de Costos**

Los costos incurridos para realizar el presente proyecto fueron financiados en su totalidad por la empresa PROALISAN, y se detallan cada uno en la siguiente tabla.

**Tabla 11**

## Descripción de Costos del proyecto

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V Unitario</b>	<b>Total</b>
1	Plc y Modulo Snap	1100	1100
1	Fuente 24 V	150	150
3	Sensores Temperatura	130	390
2	Sensores de Luminosidad	140	280
2	Sensores de peso	200	400
1	sensor nivel tanque	80	80
1	Router	150	150
1	Sistema de control	1400	1400
1	Cables	100	100
	Gastos Varios		200
		<b>Total</b>	<b>4250</b>

Como se puede observar los costos son bajos si se consideran los beneficios que se obtiene con la implementación de este sistema, los aspectos principales en los que optimizó el sistema fueron el menor consumo de combustible diésel para la calefacción del galpón, el consumo de energía eléctrica y se obtuvo un mejor desarrollo de las aves.

## 5.5 Análisis de Resultados en la crianza de Aves

Para realizar el análisis de resultados en la crianza de las aves, se procede a comparar dos lotes de levante de aves que se realizaron en las mismas instalaciones, los datos obtenidos para realizar el comparativo fueron facilitados por la Empresa Proalisan.

**LOTE 4:** pollitas levantadas en galpón automatizado con sistema de alimentación automático, sistema de calefacción de control manual, iluminación general, sistema de ventilación de control manual, desde el 1er día de edad hasta los 84 días de edad con reporte semanal (semana 1 a semana 12) de mortalidad, peso, uniformidad. La densidad con la que se inicia la crianza es de 43 aves/jaula.

**LOTE 5:** pollitas levantadas en galpón automatizado con un sistema de alimentación automatizado, calefacción automatizada con sensores IoT de temperatura y humedad, sistema de ventilación automatizada, iluminación automatizada general y dentro de jaula y un monitoreo constante del peso de las aves mediante sensores de peso IoT, desde el 1er día de edad hasta los 84 días de edad con reporte semanal (semana 1 a semana 12) de mortalidad, peso, uniformidad. La densidad inicial 43 aves/jaula.

### 5.5.1 Mortalidad

En la tabla 12 se observa la mortalidad total del LOTE 4 (L4) es de 4,39% vs mortalidad total del LOTE 5 (L5) que es de 2,49 %, siendo L4 mayor en 1,9%; estos resultados muestran que, con la implantación del sistema mejoró la eficiencia del galpón

debido que al mantener un mejor control ambiental se previene deshidratación, debilidad, taponamientos en las aves, bajo consumo de pienso y por ende la muerte del animal.

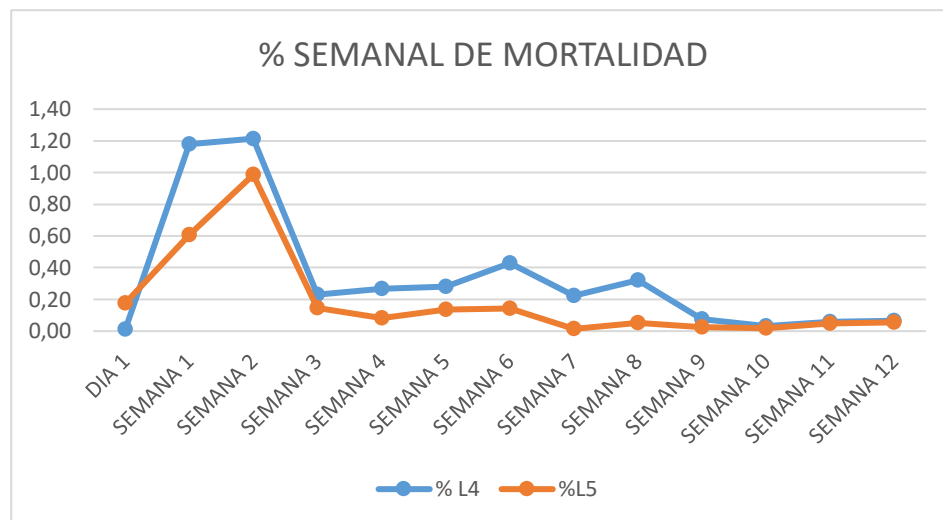
Los factores de temperatura, humedad y ventilación son de vital importancia, especialmente los 15 primeros días de vida del lote, puesto que en estas semanas duplica su peso y así se refleja el comportamiento del rendimiento para el desarrollo del ave, por lo tanto, de estos factores depende la uniformidad y peso del lote en crianza.

**Tabla 12**

Mortalidad de aves en L4 y L5

<b>EDAD</b>	<b>LOTE 4</b>	<b>% L4</b>	<b>LOTE 5</b>	<b>%L5</b>
<b>DIA 1</b>	9	0.01	127	0.18
<b>SEMANA 1</b>	953	1.18	436	0.61
<b>SEMANA 2</b>	982	1.21	710	0.99
<b>SEMANA 3</b>	186	0.23	105	0.15
<b>SEMANA 4</b>	216	0.27	60	0.08
<b>SEMANA 5</b>	227	0.28	98	0.14
<b>SEMANA 6</b>	346	0.43	103	0.14
<b>SEMANA 7</b>	180	0.22	10	0.01
<b>SEMANA 8</b>	259	0.32	37	0.05
<b>SEMANA 9</b>	62	0.08	19	0.03
<b>SEMANA 10</b>	26	0.03	13	0.02
<b>SEMANA 11</b>	48	0.06	35	0.05
<b>SEMANA 12</b>	54	0.07	39	0.05
<b>TOTAL</b>	<b>3548</b>	<b>4.39</b>	<b>1792</b>	<b>2.49</b>

Como se observa en la tabla 12 los mayores índices de mortalidad se dan en la primera y segunda semana de vida de las aves porque necesitan de temperaturas altas para su buen desarrollo, como se observa en la tabla 12 la mortalidad del lote 4 en primera semana es del 1,18 % en comparación al lote 5 que utilizó la implementación del sistema la mortalidad se redujo en un 50% aproximadamente, ya que el porcentaje de mortalidad en la misma semana en el lote 5 es del 0.61%.



**Figura 59.** Curvas de la Mortalidad de los Lotes

En la ilustración anterior permite visualizar la diferencia semanal de la mortalidad de cada lote, en la cual se observa que el lote 5 en toda la etapa de crianza mantiene una mortalidad más baja en comparación del lote 4.

En los valores de mortalidad no se consideró las causas externas al funcionamiento del sistema, para ninguno de los dos lotes. Estas son las mortalidades causadas por: atropellamiento en coches y ahogamiento en la recepción.

### 5.5.2 Uniformidad

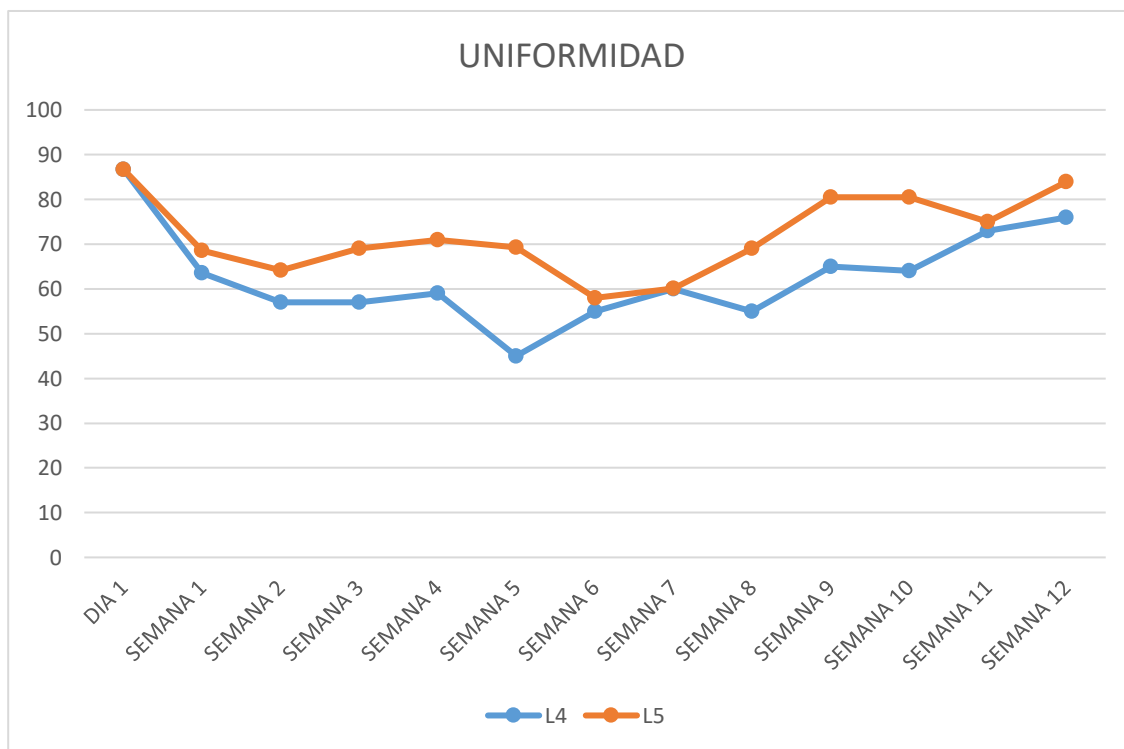
Un factor importante para mostrar el desarrollo del lote es la uniformidad de peso de las aves en crianza, su importancia radica que al llegar a semana 18 (considerada como la edad de maduración sexual de las aves), no habrá retrasos en postura de las aves. A continuación, se observa la uniformidad obtenida de cada lote semanalmente, donde se observa que el Lote 5 es superior al Lote 4 en todas las semanas, se comprobó que se optimizó el uso de recursos en la crianza del lote 5 con la implementación del sistema, tomando en cuenta que en ambos lotes se aplicaron las mismas dietas y similar calendario de vacunación.

**Tabla 13**

*Uniformidad L4 y L5*

<b>EDAD</b>	<b>L4 %</b>	<b>L5 %</b>	<b>DIF L5-L4 %</b>
<b>DIA 1</b>	86,7	86,7	0
<b>SEMANA 1</b>	63,5	68,6	5,1
<b>SEMANA 2</b>	57	64,2	7,2
<b>SEMANA 3</b>	57	69	12
<b>SEMANA 4</b>	59	70,9	11,9
<b>SEMANA 5</b>	45	69,3	24,3
<b>SEMANA 6</b>	55	58	3
<b>SEMANA 7</b>	60	60,1	0,1
<b>SEMANA 8</b>	55	69	14
<b>SEMANA 9</b>	65	80,5	15,5
<b>SEMANA 10</b>	64	80,5	16,5
<b>SEMANA 11</b>	73	75	2
<b>SEMANA 12</b>	76	84	8

El uso de calendario de iluminación de acuerdo con la edad mejoró la uniformidad de las aves ya con la oscuridad las aves descansan y utilizan mayor cantidad de energía obtenida por la alimentación en su desarrollo corporal como se observa en la gráfica posterior el lote 5 tiene una mejor uniformidad en comparación al lote 4.



**Figura 60.** Curva de la Uniformidad de los Lotes

### 5.5.3 Peso de las Aves

El peso corporal muestra el desarrollo y crecimiento del ave, éste al ser directamente proporcional al consumo de balanceado y agua, es dependiente de los factores y confort ambiental que se le brinde al animal. Es por esto que a continuación se

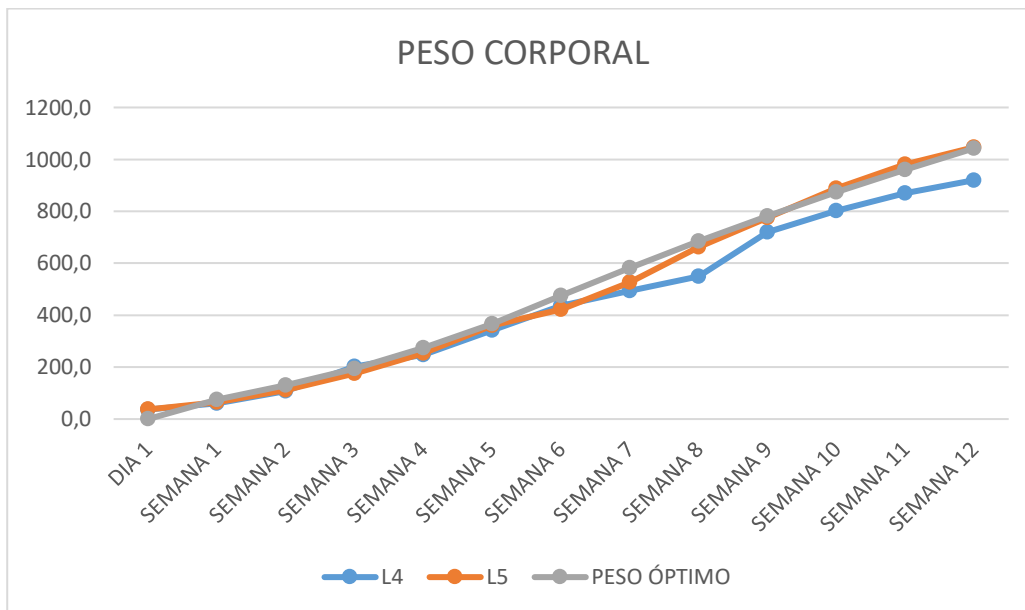
compara los datos obtenidos del Lote 4 vs Lote 5 y con respecto al peso óptimo dado por la guía de manejo Lohmann Tierzucht.

**Tabla 14**

*Tabla Peso L4 Y L5*

<b>EDAD</b>	<b>L4 (g)</b>	<b>DIF L4(g)</b>	<b>L5 (g)</b>	<b>DIF L5 (g)</b>	<b>PESO ÓPTIMO (g)</b>	<b>MIN (g)</b>	<b>MAX (g)</b>
<b>DIA 1</b>	36,7		37,0		0	0	0
<b>SEMANA 1</b>	60,6	-14,4	65,5	-9,5	75	72	78
<b>SEMANA 2</b>	108,4	-21,6	112,2	-17,8	130	125	135
<b>SEMANA 3</b>	202,1	7,1	175,5	-19,5	195	188	202
<b>SEMANA 4</b>	247	-28,0	254,3	-20,7	275	265	285
<b>SEMANA 5</b>	342,2	-24,8	359,6	-7,4	367	354	380
<b>SEMANA 6</b>	437,4	-37,6	422	-53,0	475	458	492
<b>SEMANA 7</b>	493	-90,0	526	-57,0	583	563	603
<b>SEMANA 8</b>	549	-136,0	661,8	-23,2	685	661	709
<b>SEMANA 9</b>	721,0	-61,0	775,6	-6,4	782	755	809
<b>SEMANA 10</b>	802	-72,0	888,7	14,7	874	843	905
<b>SEMANA 11</b>	869	-92,0	981,6	20,6	961	927	995
<b>SEMANA 12</b>	920,2	-122,8	1047	4,0	1043	1006	1080





**Figura 61.** Comparación Peso corporal

En este gráfico se observa las diferencias de cada lote restando del peso óptimo semanal, se puede apreciar que el Lote 5 a excepción de semana 3 y semana 6 presenta mayor peso semanal con relación al Lote 4, en las siguientes semanas hasta la semana 12, está sobre los valores de peso óptimo, permitiendo así proyectar un adecuado desarrollo de peso corporal de las aves y en la madurez sexual no presentarían un mayor inconveniente en la postura, por ende se cumpliría con los valores de la tabla de la guía de manejo Lohmann Tierzucht que son, porcentaje de producción, peso de huevo promedio y acumulado, y masa de huevo ave alojada; generando mejores ganancias económicas al avicultor.

## 5.6 Ventajas del Sistema IoT sobre el Sistema de crianza Tradicional

A continuación, se detalla las ventajas de la implementación del sistema IoT sobre los sistemas de crianza manuales tradicionales como el que disponía anteriormente la empresa.

**Tabla 15**

*Ventajas de un Sistema IoT frente a un Tradicional*

CRIANZA CON SISTEMA IOT	CRIANZA MANUAL
Menor consumo de recursos eléctricos y de combustible. El control automático de las variables ahorra recursos en Diesel en al menos un 10% y en electricidad en un 4%.	El sistema manual consume mayor cantidad de combustible Diesel y de electricidad porque en la mayor parte no se controla el sistema de forma adecuada.
Información exacta y confiable de la trazabilidad, los datos son almacenados en el sistema.	Menor información de la trazabilidad del lote por errores humanos en la toma de datos.
Menor mortalidad por el control eficiente de las variables	El poco control de las variables, dan como resultado una mortalidad elevada.
Menor consumo de alimento por el desarrollo semanal óptimo de las aves	El desarrollo menor de las aves hace que se deban incrementar las semanas de alimentación sin producción
Cambios inmediatos en el manejo de las aves si se detecta anomalías.	Los cambios se realizan después de terminado la etapa de crianza y afectan al siguiente lote.
Menor uso de mano de obra	Mayor necesidad de personal
Monitoreo desde gerencia en tiempo real	Monitoreo de Gerencia escaso, semanal o mensual.

Tomando en cuenta la tabla 15 existen grandes ventajas del sistema IoT instalado en el galpón de levante de aves de postura, sobre un sistema tradicional manual.

El sistema IoT permite a la empresa un importante ahorro económico y un mejor desarrollo de la parvada que tendrá un efecto positivo en la etapa de producción.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Se realizó una investigación de los diferentes sistemas de crianza de aves de postura y un diagnóstico del estado del galpón a automatizar determinando las variables que se necesitan controlar para optimizar la crianza de la parvada, así mismo los equipos a controlar para el desarrollo del proyecto.
- Se propuso a la empresa la implementación de un sistema a inteligente mediante el uso de controladores industriales para IoT, los sensores fueron escogidos mediante las variables que se necesitaban controlar dentro del galpón de acuerdo con los parámetros a mejorar, solicitados por el médico veterinario de la empresa.
- Se diseñó una red de sensores IoT que envían datos en tiempo real de temperatura, luminosidad, peso y humedad que en conjunto con un controlador con HMI incorporado controla la temperatura y programa de iluminación, los cuales generan información precisa y que permiten tomar decisiones en el manejo de las aves con mayor rapidez.
- Se realizó una implementación de alarmas por medio de la pantalla de controlador, en caso de falla o con condiciones anormales o fuera de los rangos determinados

en el sistema, así como el registro del historial de niveles dentro de la plataforma IoT.

- Se determinaron las ventajas de la implementación de un sistema inteligente mediante IoT en la crianza de aves donde se comprueba la optimización de recursos como: ahorro de combustible diésel, mejor uniformidad de las aves, mejores ganancias de peso en las aves, menor mortalidad.
- El controlador HMI fue diseñado con una pantalla amigable de fácil acceso para el operador del galpón, considerando las variables a manejar en las diferentes pantallas dando confiabilidad en el proceso.
- Se realizó un acceso remoto mediante una aplicación móvil, seguridad de acceso, que permite el control y monitoreo del controlador en tiempo real.

## **6.2 Recomendaciones**

- Se recomienda capacitar al personal operativo del galpón para que realice un mantenimiento periódico de limpieza, verificación de la medición de los instrumentos instalados y cambio de baterías en los equipos que las utilizan cada cambio de lote de crianza.
- Se recomienda la instalación de sensores IoT para medir la calidad del agua con que se alimentan las aves como un ph-metro.
- Se recomienda implementar un grupo electrógeno capaz de suministrar energía en casos de falla de abastecimiento de energía.

- Se recomienda utilizar el PLC de marca Unitronics por su bajo costo y app móvil gratuita
- Se recomienda actualizar las necesidades de temperatura, humedad, y demás variables, de acuerdo con la guía manejo de las aves según las recomendaciones de la línea genética, mediante su guía de manejo.
- Se recomienda a futuro la instalación de balanzas adicionales para obtener la información de una muestra más representativa dentro del lote.
- Se recomienda utilizar la aplicación cuando se tenga una conexión de red estable para evitar inconvenientes o fallos en la comunicación que provoquen daños en el sistema.

## Bibliografía

- Alibaba. (2019). Recuperado el 15 de enero de 2019, de <https://es.aliexpress.com/item/32925806180.html>
- ANSYS. (2019). ANSYS. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de <https://www.ansys.com/campaigns/internet-of-things>
- ANSYS. (2019). ANSYS. Recuperado el 25 de Abril de 2019, de <https://www.ansys.com/campaigns/internet-of-things/power-management>
- Asimetrix. (2019). Recuperado el 5 de Mayo de 2019, de <https://blog.asimetrix.co/posts/2019/1/10/smartweight>
- Asimetrix. (2019). *Asimetrix*. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de <https://iot.asimetrixdata.com/ubi/insights/#/list>
- AUMA Riester. (2019). *Auma*. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de [http://www1.auma.com/uploads/media/sp\\_import2/prospekte/pb\\_modular\\_range\\_es.pdf](http://www1.auma.com/uploads/media/sp_import2/prospekte/pb_modular_range_es.pdf)
- Avioeste. (2019). *Avioeste*. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de <http://www.avioeste.com.br/produtos/65/silos>
- B. Donald, L. G. (2000). Distributed manipulation of multiple. *Proceedings of IEEE International Conference in Robotics and Automation, vol. 1*, 450-457.
- Bambino, I. (2008). *Una Introducción a los Robots Móviles*. Obtenido de AADECA: [http://www.aadeca.org/pdf/CP\\_monografias/monografia\\_robot\\_movil.pdf](http://www.aadeca.org/pdf/CP_monografias/monografia_robot_movil.pdf)
- Barraquand. (1991). Robot Motion Planning: A Distributed Representation Approach. *The International Journal of Robotics Research*, 628-649.
- Barraquand, J. K.-Y. (1997). A Random Sampling Scheme for Path Planning. *Intl. \ J. \ of Robotics Research*, 759-774.
- Baturone, D. D. (5 de Julio de 1995). Planificación de Trayectorias para Robots Móviles. 21-52. Obtenido de <http://webpersonal.uma.es/~VFMM/tesis.html#CONTENIDO>
- Bonabeaub, C. K. (2000). Cooperative transport by ants and robots. *Robotics and Autonomous Systems, vol. 30*, 85-101.
- Campion, G. B.-N. (1996). Structural properties and classification of kinematic and dynamic models of wheeled mobile robots. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 47-62.
- Chinnaiah, M. C. (2016). An unveiling path planning algorithm with minimal sensing using embedded based robots. *2016 International Conference on Advances in Human Machine Interaction, HMI 2016*, 48-52.

- CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACION. (2017). *Semplades*. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_OK.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_OK.compressed1.pdf)
- Eduardo H., C. E. (2011). PROPUESTA DE UN ALGORITMO PARA LA PLANEACION DE TRAYECTORIAS DE ROBOTS OVILES EMPLEANDO CAMPOS POTENCIALES Y ENJAMBRES DE PARTICULAS ACTIVAS BROWNIANAS. 137. Bogotá, Colombia. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de [www.bdigital.unal.edu.co/4230/1/02299874.2011.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/4230/1/02299874.2011.pdf)
- Eguez , G., & Vásconez , J. (2018). *Automatización del galpón de crianza avícola a 1 de pollos broilers del IASA fase 1: diseño, simulación y construcción prototipo*. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de " , Repositorio.espe.edu.ec, 2018. [Online]. Disponible: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/541>.
- Evans, D. (Abril de 2011). Cisco. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de [https://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_es/assets/executives/pdf/Internet\\_of\\_Things\\_IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/es_es/assets/executives/pdf/Internet_of_Things_IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)
- Ferguson D., L. M. (2005). A Guide to Heuristic-based Path Planning. *Proceedings of International Conferences*, 10.
- Flintec. (2019). Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <https://www.flintec.com/co/sensores-de-peso/celdas-de-carga/monoplato/pc6d>
- García, D. L. (21 de Julio de 2011). Tesis Doctoral Nuevas aportaciones en algoritmos de planificación para la ejecución de maniobras en robots autónomos no holónomos. Huelva.
- González, F. (2015). PLATAFORMA PARA ROBÓTICA COOPERATIVA SOPORTADA POR TELÉFONOS INTELIGENTES ANDROID. Bogotá, Colombia.
- Grace P. Cano, D. J. (Febrero de 2014). EL CONTROL DE ROBOTS COOPERATIVO UTILIZANDO FPGA's. Quito, Ecuador.
- Grace, C. D. (Febrero de 2014). EL CONTROL DE ROBOTS COOPERATIVO UTILIZANDO FPGA's. Quito, Ecuador.
- Hachour, O. (2008). Path planning of Autonomous Mobile robot. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development.*, 178-190.
- Jaiganesh, S., Gunaseelan, K., & Ellappan, V. (2017). IOT agriculture to improve food and farming technology. *Conference on Emerging Devices and Smart Systems (ICEDSS)*,, 260-266. Recuperado el 20 de Mayo de 2018
- Jarabo, F., & Garcia, F. (2019). *Universidad de Laguna*. Recuperado el 16 de Enero de 2019, de [https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/5075/mod\\_resource/content/1/Problemas/Met-Local-Ponderado-ejemplo.pdf](https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/5075/mod_resource/content/1/Problemas/Met-Local-Ponderado-ejemplo.pdf)



- Kavraki, L. E.-C. (1994). Randomized preprocessing of configuration for fast path planning. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2138-2145.
- Killbra. (2019). *Killbra*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <http://kilbra.com.br/pdf/KM2000-Recria-G3-Mix.pdf>
- Kumar, Z. D. (2002). Object closure and manipulation by multiple cooperating mobile robots. 394-399.
- Latombe, J.-C. (1991). Robot motion planning. *Springer Science*, 667.
- LaValle, S. M. (1998). Rapidly-Exploring Random Trees: Anew Tool for Path Planning. *TR 98-11, Computer Science Dept. Iowa State University*, 1-4.
- Leena, N. S. (2014). A survey on path planning techniques for autonomous mobilerobots. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 76-79.
- LOHMANN TIERZUCHT. (2019). *Incubandina s.a*. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/es/Ponedoras/jaula/LTZ-Management-Guide-LB-Classic.pdf>
- Lozano, P. T. (1983). Spatial Planning: A Configuration Space Approach. *Computers, IEEE Transactions on*, 108-120.
- LUBMESAM. (2019). *LUBMESAN*. Recuperado el 20 de ABRIL de 2019, de <http://www.lubmesam.com.mx/POLLITOS%20UN%20DIA%20Y%20GALLINA%20PONEDORA%20EN%20JAULA.pdf>
- M. Mataric, M. N. (1995). Cooperative multi-robot box-pushing. *In Proc. of the 1995 IEEE/RSJ Int. Conf. Vol. 3. IEEE Computer Society Press*, 556-561.
- Macchiavello, T. (2017). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos31/robotica/robotica.shtml>
- Márquez, I. D. (2011). Planificación de movimiento de un robot lego basado en la aplicación del algoritmo Dist-Bug Motion's planning of a lego robot based on the implementation of the algorithm Dist-Bug. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 205-210.
- Martin, D. (Febrero de 2018). *Velneo*. Recuperado el 16 de Enero de 2019, de <https://velneo.es/software-de-programacion/>
- Medir temperatura*. (2019). Recuperado el 20 de Abril de 2019, de <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php>
- Mekala, M., & Wiswanathan, P. (2017). A Survey: Smart agriculture IoT with cloud computing., (págs. pp. 1-7). Vellore. Recuperado el 4 de Marzo de 2018
- Mibricolaje. (2019). *Mibricolaje*. Recuperado el 11 de Mayo de 2019, de <http://www.mibricolaje.com/led-mangueras-led/3085-manguera-de-led-220v-50-metros-color-blanco-airmec.html>

- Munters. (2019). *Munters*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <https://www.munters.com/es/munters/products/heaters/gpmp-1/>
- Nageswara, R. (2000). Terrain Model Acquisition By Mobile Robot Teams and n-Connectivity. *Distributed Autonomous Robotic Systems 4*, 231-240.
- Nourbakhsh, S. R. (2004). Introduction to Autonomous Mobile Robots. *Cambridge, MA: The MIT Press*.
- Oculus. (22 de Agosto de 2015). *Developer Center - Documentation and SDK*. Obtenido de <https://developer.oculus.com/documentation/pcsdk/latest/>
- Omega. (2019). *Omega a spectrics company*. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>
- Ortigoza, R. (2007). Robots Móviles: Evolución y Estado del Arte. *Polibits.Gelbukh.Com*, 12-17.
- PCE. (2019). *PCE Instruments*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de [https://www.pce-instruments.com/espanol/sistemas-regulacion-control/sensorica/sensor-humedad-kat\\_158678.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/sistemas-regulacion-control/sensorica/sensor-humedad-kat_158678.htm)
- Quiminet. (2 de mayo de 2011). Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de <https://www.quiminet.com/articulos/los-7-criterios-principales-para-seleccionar-un-actuador-55149.htm>
- Ramirez Madrid , D., & Rodriguez Hernandez, E. (2016). *Diseño de un método para identificar necesidades y oportunidades para la implementación de internet de las cosas (Iot) aplicable a oficinas de trabajo donde permanezcan entre 30 a 70 personas y planteamiento de un caso practico*. Bogota. Recuperado el 6 de Abril de 2019
- Rekleitis Ioannis, D. G. (2000). Graph-Based Exploration using Multiple Robots. *Proceedings of the 5th International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS) 2000*, 241-250.
- Ribeiro, M. I. (2005). Obstacle Avoidance. *Institute For Systems and Robotics*, 14.
- Rodrigo. (2006). Diseño y construcción de microrobots. Madrid.
- Rodrigo, L. D. (2006). Diseño y construcción de microrobots. Madrid.
- Selecciones avícolas*. (2018). Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, de <http://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2011/7/6162-instalaciones-para-pollo-de-engorde.pdf>.
- Sensovant. (2019). Recuperado el 3 de Mayo de 2019, de <http://sensovant.com/productos/humedad/industriales/articulo/sensor-humedad-industrial-ee210.html>
- SIDE. (2019). *SIDE Automatizacion*. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <http://www.side-automatizacion.com/es/tecnologias-1/unitronics-4/v700-5.htm>

- Siemens. (2019). *Siemens*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/controlador\\_basico\\_s71200/pages/s7-1200.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx)
- Spectris Company. (2019). *Omega*. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <https://es.omega.com/technical-learning/Iluminando-la-medicion-de-intensidad.html>
- SRC. (2019). *SRC*. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura>
- Sukhatme., G. D. (2000). Landmark-based matching algorithm for cooperative mapping by autonomous robots. *Proc. 5th Int'l Symp. Distributed Autonomous Robotic Systems*, 251-260.
- Torrecillas, D. G. (2019). *EquipoAltran*. Recuperado el 16 de Febrero de 2019, de <https://equipo.altran.es/gestion-industrial-eficiente-mediante-aplicaciones-moviles/>
- Tsolution. (2019). *Vector Motor Control*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de [https://www.vmc.es/es/system/files/archivos/mn\\_ip5a\\_esp.pdf](https://www.vmc.es/es/system/files/archivos/mn_ip5a_esp.pdf)
- Tuataratech. (2018). Recuperado el 5 de Abril de 2019, de [http://www.tuataratech.com/2015/06/sensores-sensors-vs-actuadores-actuators\\_8.html](http://www.tuataratech.com/2015/06/sensores-sensors-vs-actuadores-actuators_8.html)
- Uddin, A., & Mansour, D. (2017). "Agriculture internet of things: AG-IoT," 2017 27th. *International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)*, pp. 1-6. Recuperado el 12 de Abril de 2018
- Unitronics. (2019). *Unitronics*. Recuperado el 18 de Febrero de 2019, de <https://unitronicsplc.com/software-visilogic-for-programmable-controllers/>
- Vildosola, E. (2019). *Soltex*. Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>
- Zhang, C. K. (1997). Task modelling in collective robotics. *Autonomous robots Vol. 4*, 53-72.

# ANEXOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

## CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **Sánchez Mayorga, Milton Ricardo.**

En la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de Julio del 2019


  
Ing. Darío Mendoza

DIRECTOR DE CARRERA



  
Ing. Darío Mendoza

DIRECTOR DEL PROYECTO

  
Dr. Rodrigo Yaca  
SECRETARIO ACADEMICO