



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

### **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR BASADO EN RECONOCIMIENTO DE PATRONES PARA MEJORAR EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS ALIMENTARIOS EN GALPONES AVÍCOLAS”.**

**HUGO ROLANDO SÁNCHEZ QUISPE**

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN  
INDUSTRIAL**

Riobamba-Ecuador

Noviembre 2018



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

### CERTIFICACIÓN

**EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:**

**El Trabajo de titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR BASADO EN RECONOCIMIENTO DE PATRONES PARA MEJORAR EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS ALIMENTARIOS EN GALPONES AVÍCOLAS.”, de responsabilidad del Señor Hugo Rolando Sánchez Quispe ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.**

LCDA. PEPITA IVON ALARCON PARRA; M. Sc. \_\_\_\_\_

**PRESIDENTE**

ING. MIGUEL ANGEL PEREZ BAYAS; M. Sc. \_\_\_\_\_

**DIRECTOR**

ING. JAVIER JOSE GAVILANES CARRIÓN; M. Sc. \_\_\_\_\_

**MIEMBRO**

ING. PABLO EDUARDO LOZADA; M. Sc. \_\_\_\_\_

**MIEMBRO**

**Riobamba, Noviembre 2018**

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Hugo Rolando Sánchez Quispe, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Ing. Hugo Rolando Sánchez Quispe  
C.I. 050326899-7

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a Dios ya que sin su fortaleza es imposible llegar a cumplir un objetivo, a mis padres y hermano que han estado pendientes de mi preparación, a Karina Calle quien ha sido un pilar fundamental para alcanzar este objetivo.

Rolando Sánchez Q.

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento especial a mis padres Cecilia Quispe y Hugo Sánchez a mi hermano, quienes me apoyado moralmente durante esta carrera, también agradezco Karina Calle quien con su apoyo, compañía y consejos me fortaleció durante mi preparación, a mis profesores y Directores de tesis que con sus conocimientos me han ayudado fortalecer mis dudas como profesional.

Rolando Sánchez Q.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>SUMMARY</b> .....	xiv

### CAPITULO I

1	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1	<b>Planteamiento del problema</b> .....	1
1.2	<b>Formulación del problema</b> .....	2
1.3	<b>Preguntas directrices o específicas de la investigación</b> .....	2
1.4	<b>Justificación</b> .....	3
1.5	<b>Objetivos de la investigación</b> .....	4
1.5.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPITULO II

2	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1	<b>Antecedentes de la investigación</b> .....	5
2.2	<b>Bases teóricas</b> .....	7
2.2.1	<i>La avicultura</i> .....	7
2.2.2	<i>Avicultura tradicional o familiar</i> .....	7
2.2.3	<i>Avicultura comercial</i> .....	7
2.2.4	<i>La producción avícola en el Ecuador</i> .....	7
2.2.5	<i>Industria avícola en el Ecuador</i> .....	7
2.2.5.1	<i>Productoras de huevos</i> .....	7
2.2.5.2	<i>Productoras de carne</i> .....	8
2.2.5.3	<i>Productores de huevo y carne</i> .....	8
2.2.5.4	<i>Tipo criollo o de campo</i> .....	8
2.2.5.5	<i>Aves mejoradas</i> .....	8
2.2.6	<i>Adecuación del galpón</i> .....	8
2.2.6.1	<i>Orientación</i> .....	9
2.2.6.2	<i>Dimensiones</i> .....	11
2.2.6.3	<i>Pisos</i> .....	11
2.2.6.4	<i>Pared</i> .....	12
2.2.6.5	<i>Techo</i> .....	12
2.2.6.6	<i>Factores necesarios para la implementación del control de insumos en galpones avícolas</i> .....	13
2.2.7	<i>Preparación del galpón</i> .....	14

2.2.7.1	<i>Equipos</i> .....	14
2.2.7.2	<i>Tamaño del sitio</i> .....	15
2.2.7.3	<i>Iluminación</i> .....	15
2.2.7.4	<i>Ventilación</i> .....	15
2.2.7.5	<i>Humedad relativa</i> .....	16
2.2.7.6	<i>Temperatura ambiente</i> .....	16
2.2.7.7	<i>Automatización de galpones</i> .....	16
2.2.8	<b>Sistemas de control</b> .....	17
2.2.8.1	<i>Sistemas de lazo abierto</i> .....	17
2.2.8.2	<i>Sistemas de lazo cerrado</i> .....	17
2.2.9	<b>Controladores convencionales</b> .....	17
2.2.9.1	<i>Control proporcional</i> .....	18
2.2.9.2	<i>Control proporcional Integral</i> .....	18
2.2.9.3	<i>Control Proporcional Derivativo</i> .....	18
2.2.9.4	<i>Control Proporcional Integrador Derivativo</i> .....	18
2.2.9.5	<i>Controladores Inteligentes</i> .....	19
2.2.9.6	<i>Visión Artificial</i> .....	19
2.2.9.7	<i>Procesamiento de imágenes</i> .....	19
2.2.10	<b>Cámaras</b> .....	20
2.2.11	<b>Iluminación de la cámara</b> .....	21
2.2.12	<b>Algoritmos</b> .....	21
2.2.13	<b>Tipos de algoritmos</b> .....	21
2.2.14	<b>Tipos de aprendizaje de un algoritmo</b> .....	21
2.2.15	<b>Diseño de un clasificador</b> .....	22
2.2.16	<b>Clasificación supervisada</b> .....	22
2.2.17	<b>Métodos de clasificación supervisada</b> .....	23
2.2.18	<b>Clasificación no supervisada</b> .....	23
2.2.18.1	<i>Métodos de clasificación No Supervisada</i> .....	23
2.2.19	<b>Aplicación de los algoritmos</b> .....	24
2.2.19.1	<i>Vista de máquina</i> .....	24
2.2.19.2	<i>Reconocimiento de caracteres</i> .....	24
2.2.19.3	<i>Dictamen ayudado por computador</i> .....	24
2.2.19.4	<i>Reconocimiento de voz</i> .....	25
2.2.20	<b>Reconocimiento de patrones</b> .....	25
2.2.21	<b>Enfoques para el reconocimiento de patrones</b> .....	25
2.2.21.1	<i>Enfoque Template Matching</i> .....	25
2.2.21.2	<i>Enfoque Estadístico</i> .....	26
2.2.21.3	<i>Enfoque de Reconocimiento de Patrones Sintáctico</i> .....	26

2.2.21.4	<i>Redes neuronales:</i> .....	26
2.2.21.5	<i>Análisis de algoritmos</i> .....	26
2.2.22	<b>Algoritmo Viola-Jones</b> .....	27
2.2.23	<b>Principales aplicaciones</b> .....	27
2.2.24	<b>Lógica difusa</b> .....	28
2.2.25	<b>Controladores difusos</b> .....	28
2.2.26	<b>Desarrollo de un control difuso</b> .....	29
2.2.26.1	<i>Método de Mandami</i> .....	30
2.2.26.2	<i>Método Takagi-Sugeno</i> .....	30
2.2.27	<b>Software</b> .....	31
2.2.27.1	<i>Python</i> .....	31
2.2.27.2	<i>OpenCV</i> .....	31
2.2.27.3	<i>Raspbian</i> .....	32
2.2.28	<b>Hardware</b> .....	32
2.2.28.1	<i>Microprocesador</i> .....	32
2.2.28.2	<i>Raspberry Pi</i> .....	32
2.2.28.3	<i>Servomotor tower sg 90</i> .....	33
2.2.28.4	<i>Celdas de carga HX 711</i> .....	35
2.2.28.5	<i>Trasmisor de celdas de carga HX 711</i> .....	35
2.2.29	<b>Interfaz putty</b> .....	35

### CAPITULO III

3	<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	36
3.1	<b>Análisis del algoritmo</b> .....	36
3.2	<b>Definición del entorno para el análisis</b> .....	36
3.3	<b>Definición del sistema de control</b> .....	37
3.4	<b>Análisis de variables</b> .....	38
3.5	<b>Diseño del reconocimiento de patrones</b> .....	38
3.6	<b>Diseño del control difuso</b> .....	43
3.6.1	<b>Fuzzificación del control</b> .....	44
3.6.1.1	<b>Variables lingüísticas</b> .....	44
3.6.2	<b>Conjuntos difusos</b> .....	46
3.6.3	<b>Reglas de control</b> .....	46
3.6.4	<b>Defuzzificación del controlador</b> .....	47
3.6.5	<b>Entorno hardware del sistema de reconocimiento de patrones.</b> .....	48
3.6.6	<b>Censado y retroalimentación</b> .....	49
3.6.7	<b>Implementación del controlador</b> .....	49
3.7	<b>Ambiente de simulación y pruebas</b> .....	55
3.7.1	<b>Ambiente de pruebas automatizado</b> .....	55

## CAPITULO IV

4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	58
4.1	<b>Desarrollo</b> .....	58
4.1.1	<i>Resultado sobre visión artificial</i> .....	58
4.1.2	<i>Resultados de la Lógica difusa</i> .....	59
4.1.3	<i>Resultados del sistema de control</i> .....	61
4.2	<b>Resultados en el ambiente automatizado seccionado</b> .....	63
4.3	<b>Ambiente de implementación en el galpón avícola</b> .....	67
4.4	<b>Reconocimiento en un ambiente sin seccionar</b> .....	69
4.5	<b>Discusiones</b> .....	75
4.5.1	<i>Análisis comparativo de las dos alternativas</i> .....	75
4.5.2	<i>Hardware</i> .....	76
4.5.3	<i>Software</i> .....	77
4.6	<b>Comprobación de la hipótesis</b> .....	77
4.6.1	<i>Hipótesis Alternativa</i> .....	77
4.6.2	<i>Hipótesis Nula</i> .....	77
4.6.2.1	<i>Reglas de decisión</i> .....	78
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	79
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	80
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Tabla comparativa de los requerimientos de ubicación del galpón .....	11
<b>Tabla 1-3:</b> Análisis Teórico de algoritmos .....	36
<b>Tabla 2-3:</b> Reglas de control del sistema .....	46
<b>Tabla 3-3:</b> Comparación de características entre Arduino y Raspberry Pi .....	50
<b>Tabla 3-4:</b> Recursos técnicos para la implementación del controlador de insumos.....	53
<b>Tabla 5-3:</b> Diagrama de instrumentos del sistema de control de insumos. ....	55
<b>Tabla 1- 4:</b> Resultado de experimentación pollos pequeños .....	64
<b>Tabla 2-4:</b> Consumo semanal de raciones.....	64
<b>Tabla 3-4:</b> Consumo semanal de agua para pollos pequeños .....	65
<b>Tabla 4-4:</b> Consumo semanal de agua.....	65
<b>Tabla 5-4:</b> Análisis de abastecimiento de alimento en el experimento .....	66
<b>Tabla 6-4:</b> Costos en la aplicación del galpón seccionado .....	69
<b>Tabla 7-4:</b> Experimentación de aves pequeñas en el galpón.....	71
<b>Tabla 8-4:</b> Experimentación con pollos grandes. ....	72
<b>Tabla 9-4:</b> Costos de implementación en un entorno si seccionar. ....	73
<b>Tabla 10-4:</b> Comparación de reconocimiento de patrones .....	75
<b>Tabla 11-4:</b> Calculo del Chi Cuadrado.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Ubicación del galpón en climas tropicales .....	9
<b>Figura 2-2:</b> Ubicación del galpón en climas fríos .....	10
<b>Figura 3-2:</b> Ubicación del galpón en la costa.....	10
<b>Figura 4-2:</b> Área total del galpón .....	12
<b>Figura 5-2:</b> Tipo de techo del galpón .....	13
<b>Figura 6-2:</b> Adecuaciones del galpón.....	15
<b>Figura 7-2:</b> Ventilación con aberturas laterales .....	16
<b>Figura 8-2:</b> Sistema de control lazo cerrado con retroalimentación.....	17
<b>Figura 9-2:</b> Diagrama de bloques en el procesamiento en una imagen.....	20
<b>Figura 10-2:</b> Etapas del proceso de reconocimiento de patrones .....	22
<b>Figura 11-2:</b> Métodos de clasificación supervisada .....	23
<b>Figura 12-2:</b> Métodos de clasificación no supervisada .....	24
<b>Figura 13-2:</b> Cascada de clasificación en Viola-Jones.....	27
<b>Figura 14-2:</b> Estructura de un controlador difuso .....	29
<b>Figura 15-2:</b> Numeración de los GPIO en la Raspberry Pi.....	32
<b>Figura 16-2:</b> Partes del servomotor .....	33
<b>Figura 17-2:</b> Circuito equivalente a un servomotor .....	33
<b>Figura 1-3:</b> Sistema de control difuso para el abastecimiento de insumos .....	37
<b>Figura 2-3:</b> Lazo de control del sistema de reconocimiento de patrones. ....	38
<b>Figura 3-3:</b> Cámara Raspberry Pi.....	39
<b>Figura 4-3:</b> Proceso de pre- procesamiento.....	39
<b>Figura 5-3:</b> Escala de grises por RGB.....	40
<b>Figura 6-3:</b> Proceso de modelado para el aprendizaje .....	40
<b>Figura 7-3:</b> Entrenamiento de la cascada para la extracción de características de los pollos. .	42
<b>Figura 8-3:</b> Entrenamiento del algoritmo SURF.....	42
<b>Figura 9-3:</b> Sistema de control difuso .....	43
<b>Figura 10-3:</b> Posicionamiento de un servomotor .....	44
<b>Figura 11-3:</b> PWM de un servomotor .....	45
<b>Figura 12-3:</b> Definición de variables.....	45
<b>Figura 13-3:</b> Curva de funcionamiento del servomotor .....	47
<b>Figura 14-3:</b> Defuzzificación de las variables lingüísticas .....	48
<b>Figura 15-3:</b> Diagrama Hardware del sistema de reconocimiento de patrones.....	48
<b>Figura 16-3:</b> Diagrama de retroalimentación del sensor de peso.....	49
<b>Figura 17-3:</b> Sistema de poleas para el accionamiento de la válvula.....	50
<b>Figura 18-3:</b> Contenedores de alimento .....	52
<b>Figura 19-3:</b> Conexión del sensor de peso y su célula de control.....	52
<b>Figura 20-3:</b> Curva de funcionamiento del servomotor .....	53
<b>Figura 21-3:</b> Diagrama P&ID del ambiente seccionado. ....	54
<b>Figura 22-3:</b> Proceso de control .....	56
<b>Figura 1-4:</b> Experimentación con tres pollos .....	59
<b>Figura 2-4:</b> Experimentación con un total de 10 pollos .....	59
<b>Figura 3-4:</b> Decisión de que elemento es un pollo.....	60
<b>Figura 4-4:</b> Conteo de aves en función de su tamaño .....	61

<b>Figura 5-4:</b> Función de transferencia del sistema .....	62
<b>Figura 6-4:</b> Respuesta del sistema.....	62
<b>Figura 7-4:</b> Exceso de radio en el sistema.....	63
<b>Figura 8-4:</b> Clasificación de galpones según el número de pollos.....	67
<b>Figura 9-4:</b> Segmentación ideal de un galpón para la implementación .....	68
<b>Figura 10-4:</b> Reconocimiento de pollos en imágenes de galpones .....	70
<b>Figura 11-4:</b> Comparación entre un ambiente seccionado .....	70
<b>Figura 12-4:</b> Implementación del sistema en un ambiente sin seccionar .....	74

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un controlador basado en reconocimiento de patrones, para mejorar el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas. La investigación es cuasi experimental debido a que el ambiente de pruebas es previamente definido, por tal motivo la investigación es descriptiva y aplicativa, para la recopilación de información se implementó un controlador para una sección de 10 pollos. El mismo utiliza una metodología de visión artificial para la toma de decisiones aplicando lógica difusa, la cual interpreta si hay o no presencia de pollos, la cantidad y tipo de alimento según el tamaño y número de aves utilizando el clasificador de OpenCV. En la comparación de hipótesis utilizando chi-cuadrado se obtuvo un valor del 1,35 lo cual indica que las diferencias no son altamente significativas, sin embargo los beneficios en relación al tiempo y presencia humana en el galpón son notables. Considerando que uno de los puntos más fundamentales en la presente investigación es el reconocimiento de patrones se evaluó el mismo tanto en un ambiente sin seccionar con una precisión del 38,9% y en un ambiente seccionado rigiéndose al manual de AGROCALIDAD versión 2016, con una precisión de reconocimiento del 91,25%, por lo que se recomienda utilizar cámaras, software y hardware de mejores características para un reconocimiento óptimo considerando que de este parámetro depende el abastecimiento de los insumos alimentarios en el galpón avícola.

**Palabras claves:**<TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <CONTROL AUTOMATICO>, <RECONOCIMIENTO DE PATRONES> <GALPONES AVÍCOLAS> <LÓGICA DIFUSA> <PROCESO DE CONTROL> <OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS> <ABASTECIMIENTO DE INSUMOS>

## SUMMARY

The aim of this research was to design and implement a controller based on pattern recognition, to improve the supply of food inputs in poultry sheds. The research is quasi-experimental because the tests environment is previously defined, for this reason the research is descriptive and applicative, for the collection of information a controller was implemented for a section of 10 chickens. Such controller uses an artificial vision methodology for decision making applying fuzzy logic, which interprets whether or not there is a presence of chickens, the quantity and type of food, according to the size and number of birds using the OpenCV classifier. In the comparison of hypothesis using Chi-square test was obtained a value of 1.35 which indicates that the differences are not highly significant, however, the benefits in relation to the time and human presence in the shed are notable. Considering that one of the most fundamental points in the current research is the recognition of patterns the same was assessed both in an unsectioned environment with a precision of 38.9% and in a sectioned environment which according to the manual AGROCALIDAD version 2016, with a recognition accuracy of 91.25%, that is why it is recommended to use cameras, software and hardware of the best features for optimal recognition considering that of this parameter the food supplies provisioning in the poultry shed depends on.

Key words: < TECHNOLOGY AND SCIENCES OF THE ENGINEERING>, <AUTOMATIC CONTROL>, < PATTERN RECOGNITION>, < POULTRY SHEDS>, < FUZZY LOGIC>, <CONTROL PROCESS>, < RESOURCE OPTIMIZATION>, < SUPPLIES PROVISIONING>.

# CAPITULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

El estudio tecnológico del control inteligente ha permitido investigaciones que proponen automatizar un galpón avícola utilizando simulaciones e inteligencia artificial para controlar temperatura y humedad, sin embargo existe un parámetro muy importante que no ha sido estudiado como es el abastecimiento de insumos alimentarios, siendo este un problema en el proceso de crianza de pollos.

A nivel mundial la producción de pollos se ha incrementado en forma masiva, razón por la cual la industria avícola ha sido tema de estudio para la implementación de nuevas tecnologías para mejorar la producción es así que se ha creado una aplicación que permite controlar el galpón desde cualquier dispositivo informando cualquier falla para su reparación, sin embargo el problema sigue latente ante las exigencias en la calidad del producto final.

Considerando que América Latina es uno de los continentes de mayor producción en la industria avícola, uno de los inconvenientes sigue siendo la producción debido a desperfectos en el sistema de crianza, como la humedad, la temperatura, falta de alimento o agua constante en el galpón que en la mayoría de los casos se lo realiza de forma tradicional

A nivel de país la crianza avícola necesita optimizar los recursos de alimento y agua a fin de mejorar la producción. Surge entonces la necesidad de realizar cálculos complejos para la estimación de los insumos alimentarios requeridos en el proceso de crianza, pues al realizarlo de manera tradicional o empírica, representa un esfuerzo considerable así como errores de medición causados por la intervención humana.

La complejidad que alcanzan los cálculos relacionados a la cantidad de insumos como el alimento y agua en un galpón avícola suelen cambiar regularmente, lo cual desencadena malas

estimaciones que producen una mala toma de decisiones en la cantidad de los mismos, lo cual influye en costos para el productor.

Los costos que involucra la automatización de una planta o industria en el país representan valores muy elevados, motivo por el cual el estudio debe ser minucioso para justificar el uso tecnológico en los galpones avícolas, a fin de aprovechar de mejor manera la distribución de insumos alimentarios. Uno de los factores importantes es la visión artificial a través del reconocimiento de patrones razón por la cual el análisis debe ser minucioso para una elección correcta al momento del conteo de especies en el galpón para su alimentación.

El presente proyecto plantea una solución a este problema a través de la implementación de un controlador basado en reconocimiento de patrones, que será capaz de tomar decisiones en cuanto a los insumos alimentarios necesarios y estimados, haciendo uso de la tecnología de reconocimiento de patrones para la medición de la cantidad de aves a alimentar.

## **1.2 Formulación del problema**

La estimación inadecuada de insumos alimentarios en galpones avícolas provoca un aumento en el costo de producción, debido al exceso en el abastecimiento de los mismos durante el proceso de crianza de los pollos.

## **1.3 Preguntas directrices o específicas de la investigación**

- ¿La implementación de un controlador basado en el reconocimiento de patrones mejora el abastecimiento de insumos avícolas?
- ¿Cuál es el mejor algoritmo en el reconocimiento de patrones para el sistema de control planteado?
- ¿Qué entorno de Hardware se debe utilizar para la implementación del sistema de control?
- ¿De qué manera se puede verificar el adecuado funcionamiento del controlador basado en reconocimiento de patrones?
- ¿Cuál es la ventaja y desventaja de utilizar un controlador de insumos alimentarios utilizando visión artificial?

## **1.4 Justificación**

Según la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (Conave), se menciona que en el año 2016, cada ecuatoriano consumió en promedio 35 kg de pollo, lo cual nos da una visión general de las grandes cantidades de aves que se necesitan para cubrir esta creciente demanda, por lo cual la industria avícola ha tenido una tendencia de crecimiento en estos últimos años.

Al no ser uniforme las cantidades de insumos alimentarios requeridos, se han detectado problemas relacionados a la adquisición de los mismos, puesto que se hace difícil para el productor avícola estimar las raciones de alimento y agua requeridas durante la crianza de las aves.

Considerando que la automatización de una planta concierne a una alta disminución de la parte humana, el presente proyecto propone utilizar un sistema de visión artificial a través del reconocimiento de patrones, el cual será implementado en un ambiente seccionado de un metro cuadrado para 10 pollos para la toma de decisiones en cuanto a la cantidad de insumos alimentarios necesarios para las aves en el galpón avícola.

El presente proyecto planea mejorar la distribución de insumos alimentarios, debido a la mala estimación de estos. Dado que el reabastecimiento de los mismos se realizara en función de la cantidad de patrones detectados por el algoritmo, estos permitirá automatizar el proceso de abastecimiento evitando así la intervención humana, además representarán una ayuda para la toma de decisiones puesto que generarán un registro de eventos en una base de datos, relacionado a los insumos alimentarios, mismos que permitirán realizar una extracción de conocimiento a partir del volumen de datos, así como el monitoreo permanente del estado del sistema.

La investigación está enfocada a la implementación de un controlador de insumos alimentarios, cuya funcionalidad será contrastada con datos reales recopilados en galpones tradicionales concerniente a la alimentación y crianza de pollos.

En cuanto a beneficios que ofrecerá el presente será de forma directa al productor avícola ya que se disminuye la pérdida de insumos con un abastecimiento exacto de acuerdo al número de pollos presentes en el galpón, de la misma manera contribuir indirectamente con el consumidor de este tipo de carne con un producto óptimo en nutrientes para su alimentación.

El aporte de la investigación se basa a un estudio de algoritmos que se puedan utilizar en el reconocimiento de patrones, un análisis del entorno adecuado para el sistema utilizando una metodología de visión artificial, en la parte práctica se utiliza un ambiente seccionado de un metro cuadrado con la capacidad de 10 pollos tomando como referencia las normas de AGROCALIDAD, los componentes como dispensadores de agua y grano, actuadores (hardware y software) entre otros, que permitirán implementar el controlador basado en reconocimiento de patrones.

La presente investigación obtendrá información recopilada en la bases de datos recomendadas como la de AGROCALIDAD, en la ciudad de Riobamba, se utilizará software libre para el uso de tecnología. El bajo costo que representa la adquisición de la instrumentación que será utilizada en el reconocimiento de patrones para la investigación propuesta y tomando en cuenta que la misma está dentro de las líneas de investigación requeridas, el proyecto es viable para su desarrollo.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Diseñar e implementar un controlador basado en reconocimiento de patrones para mejorar el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Estudiar los algoritmos de reconocimiento de patrones para determinar el más adecuado para la implementación del prototipo.
- Definir el entorno adecuado para el análisis.
- Utilizar una metodología de inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- Implementar un controlador para el abastecimiento de insumos alimentarios avícolas aplicando reconocimiento de patrones.
- Evaluar el sistema de reconocimiento de patrones para determinar la mejora en el abastecimiento de insumos alimentarios.

## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Existen varios estudios realizados con anterioridad, que sirven de referencia para la presente investigación, entre los cuales, a continuación se mencionan los más relevantes:

- La tesis realizada por (Guevara, 2012) nombrada “Reconocimiento de Patrones para identificación de Usuarios en accesos informáticos”

En el proceso investigativo se determina los diferentes usos que se le puede dar al reconocimiento de patrones, en este caso la detección y control de personas que acceden sin ser autorizadas en sistemas informáticos, violando la integridad y privacidad es un problema que se presenta en la actualidad, por lo que el autor de la investigación propone el uso de técnicas automáticas para identificar a quienes acceden a estos sistemas, para lo cual es necesario obtener patrones de comportamiento, mismos que serán recopilados a través de la utilización de árboles de decisiones y redes neuronales.

Por lo tanto, se concluye que se puede utilizar un algoritmo de reconocimiento de patrones para identificar diferentes características en un usuario, lo que plantea una antesala para poder utilizar uno de estos algoritmos para la identificación y el conteo de aves en el galpón.

- El proyecto investigado por (Erazo & Salgado, 2014) llamada Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y humedad para un galpón de pollos de la Avícola La Esperanza

El estudio en mención hace referencia a los procesos productivos existentes en la actualidad, mismos que cuentan con diferentes sistemas de control ya sean automáticos o semiautomáticos; procedimiento que permiten contar con un control exacto de cada una de las actividades realizadas durante el periodo productivo; dentro de los beneficios existente se hace hincapié al ahorro del

recurso energético y de materia prima, lo que provoca obtener un producto final de calidad con la mayor optimización de recursos.

Todo sistema automático debe contar con un tablero de control que tiene una interfaz de usuario simple que permite la visualización de cuantificaciones controladas facilitando al usuario el manejo del sistema en base a cada uno de los requerimientos planteados

Dicho estudio ofrece los parámetros necesarios que permite comprender la crianza y el mantenimiento de aves en un galpón avícola así como algunos de los materiales fundamentales para el diseño del sistema de control.

- El estudio hecho por (Seijas, 2011) titulado “Reconocimiento de Patrones utilizando técnicas estadísticas y conexionistas aplicadas a la clasificación de dígitos manuscritos”

El autor durante el proceso investigativo menciona que el reconocimiento de patrones básicamente es el estudio en el que las máquinas observan el entorno y aprenden a diferenciar patrones de interés a partir de la experiencia, que permiten la toma de decisiones efectivas en base a las categorías de dichos patrones. El investigador asegura que el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) es uno de los más antiguos dentro del reconocimiento de patrones.

Concluye recomendando las estrategias más eficientes para el reconocimiento de patrones con lo cual se puede tomar una opción a implementar que permite tener un rendimiento aceptable en un entorno que funciona en tiempo real.

- La investigación realizada por (Egüez & Vásconez, 2007), denominado “Automatización del Galpón de Crianza Avícola A – 1 de Pollos Broilers del IASA Fase I: Diseño, Simulación y Construcción Prototipo”.

Concluye que; iniciando con simulaciones se logra determinar que el galpón tiene mejor rendimiento mientras mayor sea la hermeticidad del mismo, así como también determinar que la ubicación geográfica es un factor que influye en el rendimiento del galpón.

En esta base, se puede extender estas conclusiones hacia la presente investigación, determinando la viabilidad de su realización en la provincia de Chimborazo para poder tomar el factor ambiental como un elemento despreciable en las mediciones.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 La avicultura**

La palabra avicultura proviene de las palabras griegas *avis* y *cultivare*; que hacen referencia al cultivo de las aves; por lo tanto es definida como la actividad que se relaciona con la crianza y producción de aves de corral. A su vez, la producción avícola se divide en (Reynaga N. , 2014):

### **2.2.2 Avicultura tradicional o familiar**

“Es aquella actividad con escasa tecnificación que utiliza aves no mejorada, pocos insumos alimenticios y la producción es principalmente para el autoconsumo” (Reynaga N. , 2014).

### **2.2.3 Avicultura comercial**

“Es aquella actividad tecnificada que utiliza aves altamente especializadas, insumos y alimentos por categorías productivas y alimentos por categorías productivas, y la producción de carne es masiva” (Reynaga N. , 2014).

### **2.2.4 La producción avícola en el Ecuador**

Para (Zambrano, 2012), el sector avícola se explota en gran parte del Ecuador excepto en la Región Insular. En la actualidad, el pollo se ha constituido como una de las principales carnes utilizadas en la alimentación de las familias ecuatorianas.

El sector agropecuario es muy diverso en el Ecuador; sin embargo el sector avícola aporta de gran manera a los ingresos de las familias ecuatorianas, especialmente del sector rural, cuyos habitantes se dedican a la crianza y comercialización de este animal. (Zambrano, Avicultura en el Ecuador, 2013).

### **2.2.5 Industria avícola en el Ecuador**

#### **2.2.5.1 Productoras de huevos**

Para (Perque, 2011), las aves que están destinadas a la producción de huevos en específico, se localizan en industrias, es necesario un estricto control sanitario y una alimentación balanceada,

con el fin de que la producción sea de calidad; las razas más apetecidas para este tipo de producción es la Leghorn.

#### *2.2.5.2 Productoras de carne*

Estas están destinadas a la producción de carnes destinada para el consumo humano, como se mencionó con anterioridad, la carne de este animal es la más consumida en las dietas alimenticias; es necesario el cuidado e higiene estricta para estos animales. Cuando los pollos están destinados a la producción de carne, sufren el riesgo de contraer algún tipo de enfermedad, por lo que la temperatura juega un papel muy importante, es necesario encontrar la temperatura adecuada para que no exista ningún tipo de contratiempos; así lo señala (Perque, 2011)

#### *2.2.5.3 Productores de huevo y carne*

Estas están especializadas en producir tanto carne como huevos, de igual manera es necesaria el estricto control de higiene, y la alimentación adecuada; las razas más apetecidas, para este tipo son: Rhode Island, Plymouth Rock, Wyandotte, New Hampshire, Sussex y Orpington. (Perque, 2011).

#### *2.2.5.4 Tipo criollo o de campo*

Estas generalmente son criadas en el campo, y tienen mejor resistencia que otro tipo de pollos; su alimentación se basa en los desechos de huerta, morocho, y además tienen mayor resistencia al contagio de enfermedades. También son productoras de carne y huevos, este último en menor cantidad que los anteriores (Perque, 2011).

#### *2.2.5.5 Aves mejoradas*

Estas aves son el resultado de la cruce de aves criollas y de raza pura, obteniendo una combinación de ambas, lo que conlleva a una mejora de cada raza.

### **2.2.6 Adecuación del galpón**

Es necesario considerar varios aspectos que son necesarios al momento de la construcción de un galpón, es decir características técnicas del mismo, a continuación se detalla cada una de ellas:

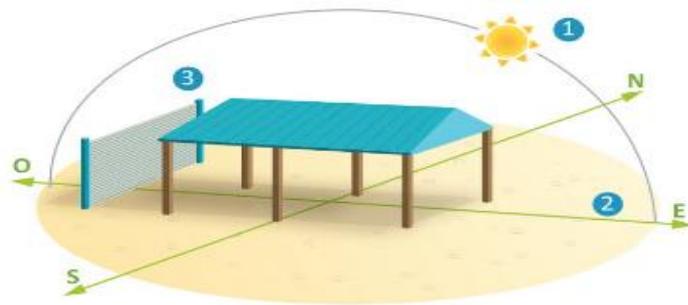
### 2.2.6.1 Orientación

El terreno debe poseer ciertas características como: agua, vías de acceso, acceso a mercados, un buen drenaje y suficiente corriente de aire.

Hay que tomar muy en cuenta la ubicación del galpón; lo más conveniente es ubicar el galpón de oriente a occidente, ya que esto ayuda a prevenir que los pollos no mueran por hacinamiento. (Renteria., 2007)

Es recomendable un lugar seco, protegido del sol y de vientos fuertes que causen algún tipo de siniestro, perjudicando a las instalaciones.

En caso de que el galpón se vaya a ubicar en climas tropicales, el galpón debe orientarse respecto del recorrido del sol, tal como lo indica la ilustración 1-2:



(1) Recorrido del sol.

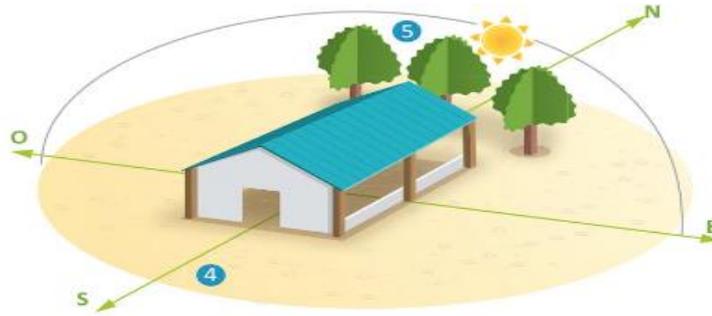
(2) El eje mayor del galpón debe coincidir con el recorrido del sol; así, los rayos del sol no entran en el galpón.

(3) Mediante una barrera se corta el viento. Esta puede ser de material o formada de árboles.

**Figura 1-2:** Ubicación del galpón en climas tropicales

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

Contrariamente, si el clima es frío el galpón debe ubicarse de manera que los rayos del sol puedan entrar; como se observa en la siguiente figura.

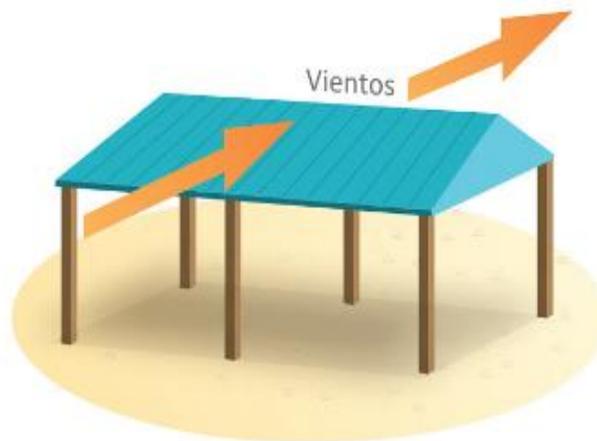


(4) Se ubica el eje del galpón en la dirección norte – sur, o sea, perpendicular al recorrido del sol.  
 (5) Protección contra el viento mediante una barrera de árboles o de otro tipo.

**Figura 2-2:** Ubicación del galpón en climas fríos

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

En la figura 3-2 se puede observar la ubicación del galpón avícola en la región costa, ya que los vientos dominantes deben cruzar el ancho de los galpones de manera que los gases producidos se desalojen de las instalaciones e ingrese aire fresco para las aves.



**Figura 3-2:** Ubicación del galpón en la costa

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

Por ende, es muy importante la orientación del galpón avícola, ya que para el proceso de crianza de pollos, se depende mucho del tipo de clima, iluminación, temperatura y ambientes frescos.

En la siguiente tabla se puede apreciar una síntesis de la orientación de los mismos de acuerdo a la zona climática.

**Tabla 1-2:** Tabla comparativa de los requerimientos de ubicación del galpón

<b>TIPO DE CLIMA</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE UBICACIÓN</b>
Tropicales	El eje mayor del galpón debe coincidir con el recorrido del sol, así los rayos solares no entran en el galpón. Mediante una barrera se corta el viento. Esta puede ser de material o formada de árboles.
Fríos	Se ubica el eje del galpón en la dirección norte-sur, de manera perpendicular al recorrido del sol, impidiendo así que los rayos del sol entren. La protección contra el viento se lo puede realizar mediante la utilización de una barrera de árboles o de otro tipo
Cálidos y templados	En costa, los galpones debe estar orientado en función a los vientos dominantes que puedan cruzar el ancho de los galpones, de manera que la ventilación necesaria sea cruzada, provocando que los gases del interior de la instalación salgan e ingrese aire de buena calidad.

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

#### 2.2.6.2 Dimensiones

Las dimensiones del galpón dependerán de la cantidad de pollos que están destinados a la crianza, teniendo en cuenta que el espacio estándar dependiendo de la zona de crianza esta entre 8 y 10 pollos por metro cuadrado.

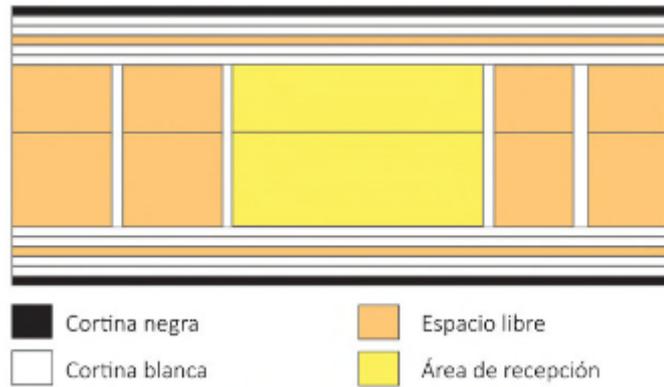
#### 2.2.6.3 Pisos

El galpón debe ser construido sobre el piso de cemento de aproximadamente 10cm de espesor, y una inclinación de más o menos 3cm lo que permite la facilidad para realizar la respectiva limpieza y aseo del galpón (Renteria., 2007).

El piso puede ser de tierra, asfalto o de cemento, esto es necesario que se clarifique que en el primero de los casos es más económico pero este tipo de piso absorbe la orina lo que provoca mal olor y por ende el desarrollo de microorganismos, por lo que se complica el uso de insecticidas y desinfectantes. El asfalto es un buen aislante contra la humedad por lo que las labores de limpieza son más fáciles, y finalmente el piso de cemento es más costoso en comparación a los anteriores, pero es más rentable ya que el número de aves puede ser mayor (Reynaga N. , 2014).

#### 2.2.6.4 Pared

En climas cálidos se utiliza un pequeño soporte acompañado de arpillera (310mg de espesor). Sobre el área total del galpón va el cielo raso en todo el largo del techo móvil que va debajo del techo principal el cual será abierto hacia los costados para la ventilación, como se muestra en ilustración que se observa más adelante:



**Figura 4-2:** Área total del galpón

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

#### 2.2.6.5 Techo

La estructura puede ser construida de diferentes materiales como bambú, eucalipto o metal, láminas de zinc, aluminio, asbesto, eternit entre otros. Todo depende del clima en donde se planea ubicar el galpón, por ejemplo en climas cálidos el techo puede ser de tela arpillera, el mismo que es pintado con brea para mayor protección, mientras que en verano se pinta de blanco para recortar los rayos solares y en invierno de negro para retener el calor.

Mientras que en la figura 5-2, se puede apreciar los distintos techos que se pueden utilizar para la crianza de pollos, esto dependerá mucho del número de pollos y sobre todo de la zona climática en donde se pretenda realizar este proceso de crianza.



**Figura 5-2:** Tipo de techo del galpón

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

#### 2.2.6.6 Factores necesarios para la implementación del control de insumos en galpones avícolas.

Antes de empezar con la fabricación de galpones automatizados es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos, así lo menciona (Nervi, 2012)

- a. El lugar en donde piensa construir, tomando en cuenta el abastecimiento de agua, energía eléctrica, proximidad con otros lugares.
- b. Cantidad de pollos que se piensan criar.
- c. Capacidad de la instalación.
- d. Diseño de la construcción, abierto o cerrado.
- e. Capacidad de comercialización.

Si el galpón necesario es para gallinas ponedoras hay que tomar en cuenta las ventajas y desventajas del mismo, así lo menciona (Nervi, 2012):

Tomando en cuenta esta información y la orientación a los insumos del presente proyecto, se definen como variables a tomar en cuenta para la elaboración del sistema, la población de pollos presentes en el galpón que tendrá el usuario en el momento del abastecimiento de los insumos alimentarios.

Para la configuración de los actuadores y el abastecimiento, se tomará en consideración las condiciones físicas del galpón mismas que nos servirán para los ajustes de las ecuaciones tales como el caudal, tiempo en función de la cantidad de pollos explicada en el numeral 3.6.7.

### **Ventajas**

- La higiene, esto ayuda a disminuir las enfermedades que se transmiten a través de las heces de los animales.
- Menos desperdicio de alimento, ya que la alimentación se la hace a la medida.
- Es de fácil manejo.
- Rompe el ciclo de reproducción de moscas.
- Reducción de los costos de producción.
- Las condiciones de trabajo mejoran.

### **Desventajas**

- Si las gallinas son ponedoras, estas se encontraran en jaulas y su movilidad será un problema, que puede, por ejemplo, desencadenar desórdenes metabólicos.
- Las vacunas, y control de parásitos puede ser muy difícil.
- Inicialmente la inversión es demasiada alta.
- El consumo de energía es alto, en el caso de galpones cerrados.
- Es necesario contar con dos diferentes fuentes de energía.
- Demasiada confianza depositada, ya que al ser una máquina esta puede dañarse o no funcionar, y si el propietario no está vigilando constantemente, podría provocar grandes pérdidas.

#### ***2.2.7 Preparación del galpón***

Según lo mencionado por (Reynaga N. , 2014), para la preparación del galpón es necesario realizar el siguiente procedimiento:

##### ***2.2.7.1 Equipos***

- Los ambientes y equipos deben recibir el proceso de desinsectación previamente.
- La distribución adecuada de los equipos permitirá que los pollitos puedan ubicar de manera rápido la fuente de calor, alimentación y bebederos.



**Figura 6-2:** Adecuaciones del galpón

**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

#### 2.2.7.2 *Tamaño del sitio*

- Para determinar el tamaño del sitio es necesario que se determine la cantidad de pollos, edad máxima que tendrán en ese galpón y el clima.
- Por ejemplo de 1 a 3 días de edad el área para 50 pollitos debe ser de 1 m<sup>2</sup>; mientras que al final de la crianza el área deberá ser de 8 a 10 pollos por 1 m<sup>2</sup>.

#### 2.2.7.3 *Iluminación*

- Es recomendable distribuir la luz de manera uniforme, ya que esto permite a los pollitos a encontrar el alimento y agua necesaria.
- Las luces son colocadas en posición central a lo largo del área de crianza, esto permite atraer a los pollitos al agua y alimentos.
- Se esperará al pollito con 23 horas de luz y 1 hora de oscuridad, con una intensidad de 30-40 lux.

#### 2.2.7.4 *Ventilación*

Hace referencia a la circulación adecuada del aire para la remoción de humedad, gases y calor concentrado, por lo que es recomendable considerar los siguientes aspectos:

- Buscar una buena calidad del aire, para considerar niveles óptimos de amoníaco, dióxido y monóxido de carbono, humedad relativas.
- Al recibir la corriente de aire se debe evitar el encerramiento del mismo en el galpón.



**Figura 7-2:** Ventilación con aberturas laterales  
**Fuente:** (Reynaga N. , 2014)

#### 2.2.7.5 *Humedad relativa*

- Es el porcentaje de vapor de agua a una temperatura dada.
- Al calentarse el aire provoca el almacenamiento de mayor humedad.
- La humedad relativa y la temperatura alta (32°C – HR 90%) es muy grave, ya que de ser el caso el ave empezará a jadear y por ende a perder energía, lo ideal sería una humedad relativa entre el 40 y 60% (Reynaga N. , 2014).

#### 2.2.7.6 *Temperatura ambiente*

- Para lograr resultados favorables la temperatura debe ser la adecuada, caso contrario los pollos deberán gastar energía para regular su temperatura.
- Evaluar la temperatura antes del ingreso de los pollitos.
- La zona de recepción debe estar precalentada, con al menos 3 horas antes de la recepción.

#### 2.2.7.7 *Automatización de galpones*

Para (Nervi, 2012), la introducción de galpones automáticos o automatizados, son considerados en aquellos caso en los que se busca aumentar la capacidad productiva, reduciendo costos y maximizando beneficios.

La automatización es una herramienta que permite hacer uso de la tecnología con el fin de optimizar tiempo y recursos, generando mayor beneficio.

Al hacer referencia a la automatización de galpones, básicamente se refiere a las herramientas adecuadas y necesarias que requiere un lugar destinado para la crianza de aves avícolas (pollos)

### 2.2.8 *Sistemas de control*

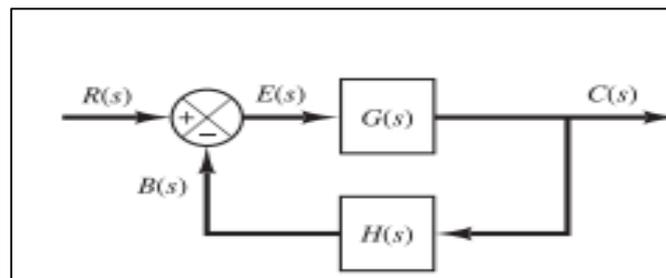
Un sistema de control es aquel diagrama que permite diferenciar entre las salidas, entradas y ganancias que va a tener la planta misma que se pueden representar a través de diagramas de bloques identificados mediante lazo abierto o lazo cerrado.

#### 2.2.8.1 *Sistemas de lazo abierto.*

Son aquellos sistemas en los cuales la variable de salida no es medida de esta manera el sistema de control jamás compara estos datos con los elementos de entrada.

#### 2.2.8.2 *Sistemas de lazo cerrado.*

Los sistemas de control de lazo cerrado son más robustos ya que al tener una realimentación permite comprobar variables de salida y entrada para controlar de mejor manera las perturbaciones dentro y fuera de la planta.



**Figura 8-2:** Sistema de control lazo cerrado con retroalimentación  
**Fuente:** (Ogata, 2010)

### 2.2.9 *Controladores convencionales*

Son aquellos cuyo diseño se basan en una técnica de ajuste específica dependiendo del error que se quiera minimizar en la planta, dentro de estas técnicas se tienen las siguientes.

- Controladores P (proporcional).
- Controladores PI (Proporcional-Integrador).
- Controlado PD (Proporcional-Derivativo).
- Controladores PID (Proporcional-Integral, Derivativo).

### 2.2.9.1 Control proporcional

En este tipo de controlador la señal del error es proporcional a la señal de salida por lo que de forma matemática se puede describir que.

$$x(t) = kP \cdot e(t) \quad 2-1$$

Donde:

U (t) la entrada del sistema

KP es la ganancia proporcional ajustable

e (t) es el error

### 2.2.9.2 Control proporcional Integral

Este controlador está ajustado de tal manera que el valor de la ganancia depende del tiempo que el error permaneció en el sistema, cuya función de transferencia está dada por la siguiente expresión.

$$\frac{x(s)}{e(s)} = kP \left( 1 + \frac{1}{TN \cdot s} \right) \quad 2-2$$

TN es la ganancia proporcional en el tiempo y kP es la ganancia proporcional.

### 2.2.9.3 Control Proporcional Derivativo

En el controlador PD se usa generalmente cuando se tiene un gran sobre impulso producido por el la respuesta al escalón del error, de la misma manera su función de transferencia es.

$$\frac{x(s)}{e(s)} = kP (1 + Tv \cdot s) \quad 2-3$$

### 2.2.9.4 Control Proporcional Integrador Derivativo.

El control PID es considerado uno de los más robustos en los sistemas de control, ya que involucra a cada uno de los controladores cuya acción de control es individual, su función de transferencia es la siguiente.

$$\frac{x(s)}{e(s)} = kP \left( 1 + \frac{1}{TN \cdot s} + Tv \cdot s \right) \quad 2-4$$

#### 2.2.9.5 *Controladores Inteligentes*

A diferencia de los controles convencionales, en un controlador inteligente no es necesario conocer el modelo matemático de la planta a controlar. El control inteligente tiene como base la inteligencia artificial la misma que abarca lógica, percepción, aprendizaje y toma de decisiones. (ABarragan, 2010)

#### 2.2.9.6 *Visión Artificial*

También denominada como visión por computador, dentro de la rama de control, es aquella que cuyo funcionamiento se basa en el uso de hardware y software para la obtención y análisis de cualquier información.

Su principal característica es usar una serie de conjuntos para procesar imágenes, almacenamiento, procesamiento e interpretación de los datos.

La visión artificial en la industria tiene una gran importancia ya que ayuda a procesos como:

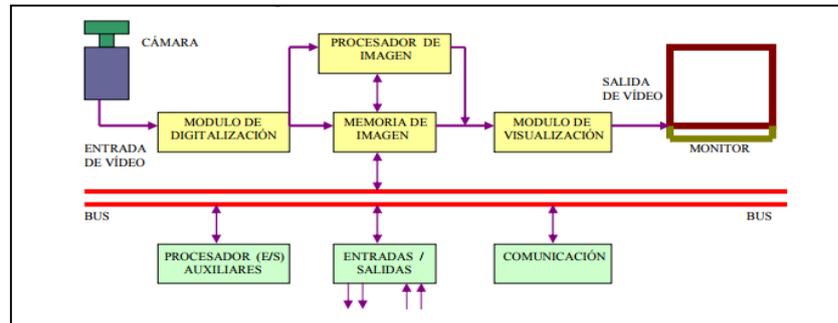
- Inspección y posición de objetos.
- Relación espacial entre objetos.
- Mediciones angulares.
- Mediciones tridimensionales.

#### 2.2.9.7 *Procesamiento de imágenes*

Al saber que la visión artificial es aquella que procesa imágenes los métodos de captación son de forma digital, esto significa que al obtener datos de medida o muestreo, el valor de la función es un número entero positivo, mismos valores que dependen de la iluminación o brillo en la imagen de esta manera este número entero puede estar definido como:

- Si su procesamiento se basa en una cuadrícula, cada elemento se le considera como pixel.
- Si la imagen es digitalizada en función de su brillo se denomina nivel de grises y
- La imagen binaria es cuando su nivel de grises esta entre blanco, negro en este caso cada pixel se convierte en blanco en función del binario UMBRAL.

- También se tiene el procesamiento mediante escena en este tipo depende mucho la cámara el patrón, datos a visualizar entre otros y Windows que es el área que se quiere monitorear.



**Figura 9-2:** Diagrama de bloques en el procesamiento en una imagen

**Fuente:** (etitudela, s.f.)

En la figura 9-2 se puede observar el diagrama de bloques correspondiente al procesamiento de imagen en donde el módulo de digitalización es el que convierte la señal analógica en digital, mientras que memoria de imagen almacena la señal para que el módulo de digitalización convierta esta señal en señal de video analógica.

El procesador de imagen interpreta las imágenes captada por la cámara mientras que el módulo de salidas/entradas sincroniza sobre los extremos para la función del resultado, la comunicación utilizada comúnmente es de tipo ethernet, Vía I/O, RS 232.

### 2.2.10 Cámaras

Son instrumentos utilizados en la visión artificial para capturar imágenes para su procesamiento, comparación, análisis y toma de decisiones, se pueden clasificar por:

- Tecnología del elemento sensor.
- Por su disposición física.

Las cámaras en visión artificial son usadas dependiendo de su aplicación para color, monocromo, alta definición, sensibilidad, infrarrojas, etc.; las más utilizadas son las siguientes.

- Cámaras lineales.
- Cámaras matriciales.
- Cámaras color.

### **2.2.11 Iluminación de la cámara**

Uno de los aspectos fundamentales en la visión artificial es la iluminación que se tiene en el campo de análisis, ya que la luz que refleja es muy perjudicial para una buena imagen lo cual conlleva a un mal análisis del sistema.

Las consideraciones más importantes para tener una buena iluminación son las siguientes (etitudela, s.f.):

- Intensidad de luz necesaria.
- Longitud de onda adecuada.
- Área a iluminar.
- Contraste del objeto.
- Color.
- La cámara utilizada.

### **2.2.12 Algoritmos**

Un algoritmo es una serie de reglas que se encarga de analizar y realizar datos operaciones matemáticas para tomar una decisión.

### **2.2.13 Tipos de algoritmos**

Según la forma de procesar las imágenes los algoritmos más comunes son del tipo:

Algoritmo básico de coincidencia de colores.

Algoritmo básico de correlación cruzada.

Algoritmo básico de reconocimiento óptico de caracteres.

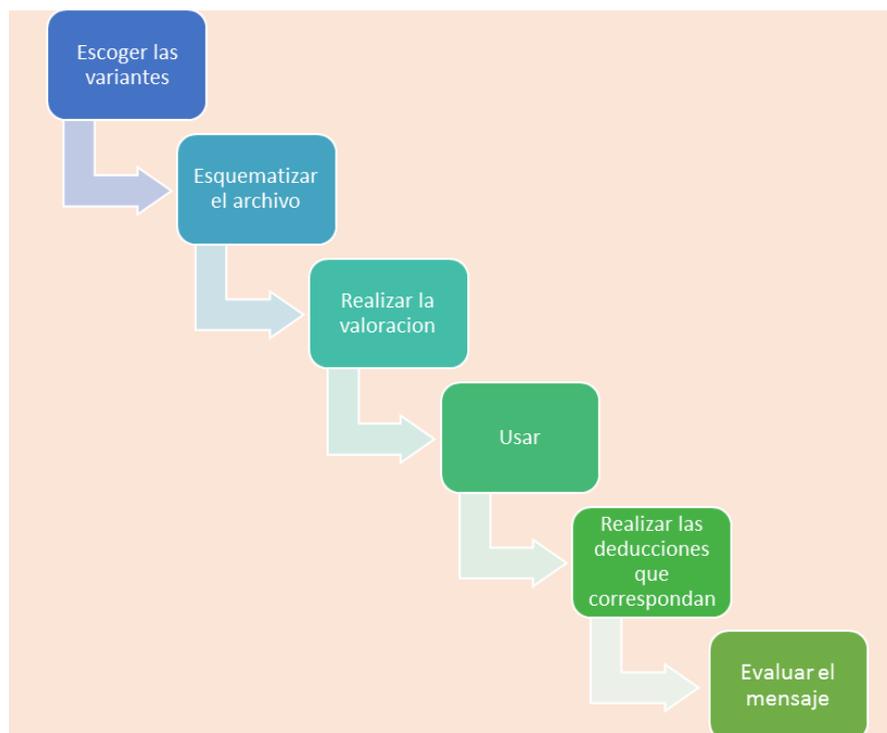
### **2.2.14 Tipos de aprendizaje de un algoritmo**

Una de las partes fundamentales, es identificar las variables cuyo proceso consiste en determinar cuál es el conjunto de características que más se enfoca en el problema para realizar la respectiva descripción de los objetos a estudiará.

### 2.2.15 Diseño de un clasificador

Posterior a la elección de las características específicas, se procede a diseñar el sistema clasificador, el mismo que hace referencia a la función que se encarga de mapear el valor de las características en un conjunto de las categorías (Reynaga & Mayta, 2009).

Y para finalizar el proceso, es fundamental evaluar la efectividad del reconocimiento de patrones, por lo tanto se deberá calcular las tasas de certeza y tasa de error de clasificación.



**Figura 10-2:** Etapas del proceso de reconocimiento de patrones  
**Fuente:** (Carrasco, 2014)

### 2.2.16 Clasificación supervisada

Consiste en la clasificación de nuevos objetos que se basan en la información de una muestra determinada y ya clasificada.

“Asumen la existencia a priori de ejemplos de clasificación que relaciones a los valores de las características con ciertas categorías, este es el caso más expandido en los problemas reales” (Reynaga & Mayta, 2009).

### 2.2.17 Métodos de clasificación supervisada

Existen varios métodos, que permiten solucionar los problemas de reconocimiento de patrones mencionados anteriormente, a continuación se muestran aquellos lineamientos que permiten dar solución a los problemas presentado:



**Figura 11-2:** Métodos de clasificación supervisada

**Fuente:** (Carrasco, 2014)

### 2.2.18 Clasificación no supervisada

Consiste en encontrar la clasificación de una muestra que no ha sido clasificada, por ende existe desconocimiento de varios elementos fundamentales. “Tiene como objeto revelar las relaciones intrínsecas de similitud entre los valores de las características creando clúster” (Reynaga & Mayta, 2009).

#### 2.2.18.1 Métodos de clasificación No Supervisada

Dentro de los métodos existentes para la clasificación no supervisada existen:

Orden jerarquico	•Es de tipo aglomerativa
Reagrupamiento	•Despues de un reodamiento se refina de forma interativa.
Metodo por Combinación	•Interpreta la similitud y condiciones de los grupos exixtentes.
Valor unitario	•Su carateristica es que se su inicio es unitario cuyo elemento se va añadiendo a la funcion de mayor parentezco, para de esta manera ir formando grupos.
ISODATA	•Es un método estadístico que primordialmente utiliza la teoria de probabilidades, de esta manera hay unión o división de grupos.
C-means	•Se asocia cada objeto al grupo con el que más similitud tenga.
Criterio lógico combinatorio	•Conexos, completos maximales, compactos.

**Figura 12-2:** Métodos de clasificación no supervisada

**Fuente:** (Carrasco, 2014)

### 2.2.19 Aplicación de los algoritmos

#### 2.2.19.1 Vista de máquina

Esta aplicación hace referencia a la captura de imágenes a través de la utilización de cámaras digitales y además a la interpretación automática de cada uno de los elementos que conforman dicha imagen. Un ejemplo de este tipo de aplicación es en el campo industrial al momento de automatizar la inspección visual en la línea de ensamblaje (Reynaga & Mayta, 2009).

#### 2.2.19.2 Reconocimiento de caracteres

Es considerada como una de las áreas importantes del reconocimiento de patrones, generalmente sus aplicaciones se direcciona a la transformación de textos impresos o manuscritos a formato digital, lo que permite que exista mayor flexibilidad al momento de manipular cualquier tipo de información (Reynaga & Mayta, 2009).

#### 2.2.19.3 Dictamen ayudado por computador

Este tipo de aplicación, es utilizado en el sector de la medicina, ya que es a través de esta aplicación que los doctores pueden diagnosticar enfermedades considerando datos médicos, como por ejemplo mamografías de Rayos X, imágenes digitales de la tomografía, ecografías, electrocardiogramas, y electroencefalogramas (Reynaga & Mayta, 2009).

#### *2.2.19.4 Reconocimiento de voz*

El ser humano, cuenta con un recurso que le permite realizar el proceso de comunicación y por ende de transmisión de información; dicho recurso es la voz. La aplicación para este caso se fundamenta por ejemplo con la construcción de máquinas que tengan la capacidad de reconocer la información entregada de manera hablada (Reynaga & Mayta, 2009).

#### *2.2.20 Reconocimiento de patrones*

Para (Seijas, 2011) el reconocimiento de patrones es el estudio mediante el cual se establece cómo las máquinas pueden determinar el comportamiento del entorno mediante la identificación de formas.

El mejor reconocedor de patrones, hasta la actualidad es el mismo ser humano, aunque no tengamos la información del proceso mediante el cual realizamos esta actividad.

Para (Carrasco, 2014), el reconocimiento de patrones es la ciencia que se dedica al estudio de diferentes procesos que se relación con la ingeniería, tecnología, ciencias exactas; de manera que relacionan diversos objetos para contar con la información requerida que permita conocer las diferentes características de los elementos en estudio.

#### *2.2.21 Enfoques para el reconocimiento de patrones*

Para (Seijas, 2011) hay cuatro enfoques importantes y estos son:

1. Template Matching.
2. Clasificación estadística.
3. Correspondencia sintáctica o estructural.
4. Redes Neuronales.
5. Viola-Jones.
- 6.

##### *2.2.21.1 Enfoque Template Matching*

Es uno de los más fáciles de utilizar, este consiste en determinar el grado de similitud existente entre dos entidades del mismo tipo; para esto es necesario contar con un prototipo asociado con el “patrón a reconocer y que aprende de los datos de entrenamiento” (Seijas, 2011), este enfoque

también cuenta con algunas técnicas y estas son: correspondencia directa, prototipos deformables, correspondencia elástica y correspondencia relajada.

#### *2.2.21.2 Enfoque Estadístico*

A través de este se seleccionaran las características que diferencian a los patrones, para proceder a separar los elementos de cada clase de forma adecuada. Las técnicas más utilizadas en este enfoque son: clasificador Bayesiano, Clasificador Discriminante polinomial, modelos markovianos ocultos, máquinas de soporte vectorial (Seijas, 2011).

#### *2.2.21.3 Enfoque de Reconocimiento de Patrones Sintáctico*

Las técnicas para este tipo de enfoque son la analogía formal entre la estructura de patrones y la sintaxis del lenguaje. La gramática es de vital importancia, ya que a través de esta también se procede al reconocimiento de diferentes patrones. El enfoque sintáctico presenta diferentes dificultades, ya que al utilizar grandes conjuntos de datos está asociado a costos computacionales elevados (Seijas, 2011).

#### *2.2.21.4 Redes neuronales*

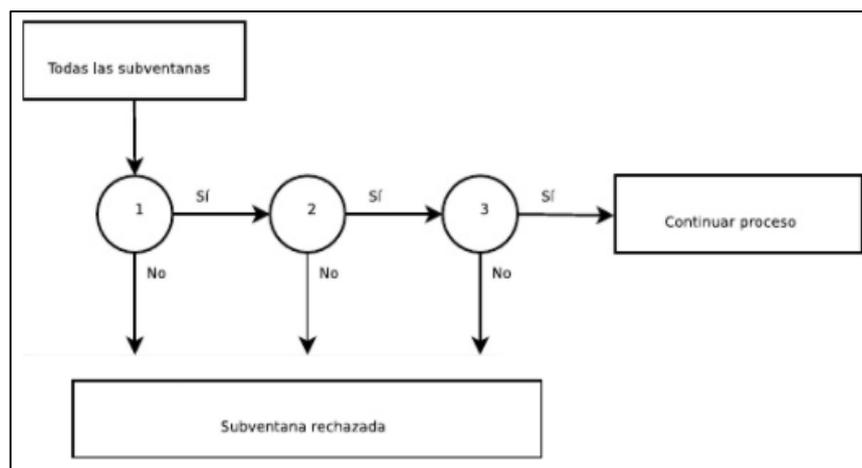
Según (Piñero), Son un logro más de la Inteligencia Artificial en su intento de replicar comportamientos biológicos, con los avances científicos que ello implica, mediante la computación. Se trata de algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de la selección natural y de la genética. Utilizan la información histórica para encontrar nuevos puntos de búsqueda de una solución óptima del problema planteado, con esperanzas de mejorar los resultados.

#### *2.2.21.5 Análisis de algoritmos*

Según (Amalia, 2007), el análisis de un algoritmo se basa tres aspectos importantes como son: que sea fácil de usar, fácil de implementar y su eficacia considerando a la eficacia como la cantidad de recursos de computo que requiere es decir el coste de tiempo refiriéndose al tiempo de ejecución que este conlleve y el coste espacio es refiriéndose a la cantidad de memoria que el algoritmo necesita para su ejecución considerando que en ocasiones no depende solamente de la programación o del algoritmo son del tipo de procesador que se utilizando entre otros aspectos.

### 2.2.22 Algoritmo Viola-Jones

Basado en una búsqueda en cascada, este proceso desarrollado por Paul Viola y Michael Jones, se basa en la descomposición de imágenes en fragmentos analizables en masa, a los cuales se aplica una “cascada” de pruebas para medir el nivel de coincidencia entre cada uno de los fragmentos y las características a seguir, por cuanto es sumamente eficiente y confiable, cualidades muy recomendables para un sistema de uso recurrente (Viola & Jones, 2005) por las características expresadas en el documento “Robust Real-Time Face Detection”, se decide la implementación de este algoritmo para el reconocimiento de patrones por la adaptación que se le puede dar en función al problema a resolver así como por la eficiencia y el rendimiento que brinda, además en estudios como (ATVS) que se dedica a analizar el rendimiento de diferentes algoritmos de reconocimiento de patrones se concluye “Se ha implementado detección de la cara mediante el algoritmo de Viola-Jones por su bajo costo computacional respecto a otras técnicas y su precisión en la detección”.



**Figura 13-2:** Cascada de clasificación en Viola-Jones

**Fuente:** (Lerma, 2009)

En la imagen se puede observar que el algoritmo de Viola-Jones todas las sub ventanas de la imagen tienen un inicio en 1 y se siguen procesando mientras se van aceptando.

### 2.2.23 Principales aplicaciones

De acuerdo con la investigación realizada por (Reynaga & Mayta, 2009), dentro de las aplicaciones en las que se puede utilizar el reconocimiento de patrones, son las que a continuación se mencionan:

- Industria.
- Medicina.
- Desastres naturales, etc.

#### ***2.2.24 Lógica difusa***

La lógica difusa también conocida como lógica borrosa es parte de la inteligencia artificial cuyo principio de funcionamiento está basado en reglas mismas que pueden ser aprendidas con sistemas adaptativos mediante la observación.

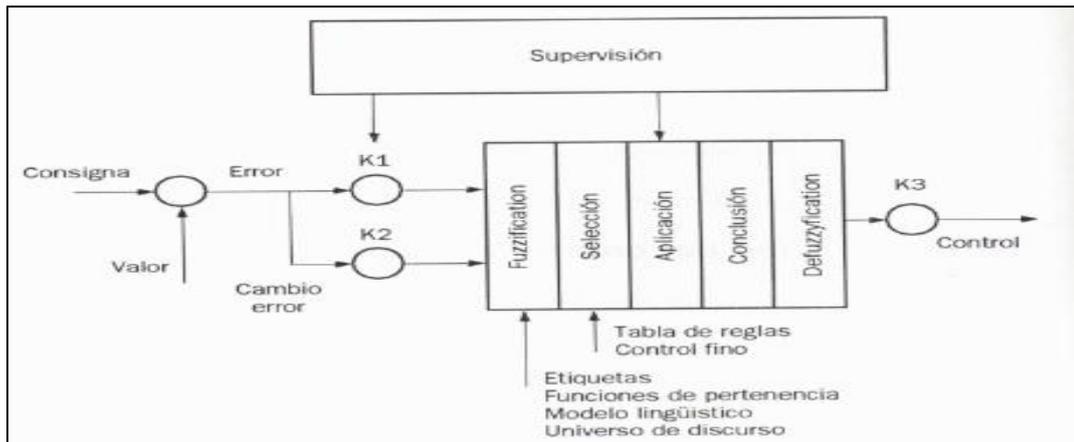
Por lo que según (Pormalar, 2001), la lógica difusa es un procedimiento preciso que forma funciones no lineales, convirtiendo así entradas en salidas, tomando como referencia los distintos planteamiento usados durante el proceso de análisis lógico y razonable.

Su aplicación está enfocada especialmente para sistemas de control complejos que no tengan definido un modelo matemático preciso ya que una de la principal ventaja al utilizar lógica difusa son las salidas que ofrece permitiendo un control mucho más veloz y preciso pudiendo adelantarnos a los hechos.

#### ***2.2.25 Controladores difusos***

Un controlador difuso utiliza la lógica difusa, y sabiendo que la lógica difusa utiliza conjuntos de pertenencia que permite realizar un control a diferentes grados en una planta.

Los controladores difusos son parte de la innovación tecnológica en el control de esta manera están presentes en innumerables sistemas como en vehículos autónomos, brazos articulados, etc.



**Figura 14-2:** Estructura de un controlador difuso  
**Fuente:** (Matia, 1995)

En la estructura del controlador mostrada en la figura anterior se tiene que los datos de entrada  $x(s)$  son procesados en el bloque de la fuzzificación para calcular el grado de membresía que tendrá el controlador difuso, mientras que entre la inferencia y el reconocimiento determinar la función del controlador en el sistema.

### 2.2.26 Desarrollo de un control difuso

Para el desarrollo de un controlador difuso se debe tener en cuenta tres etapas las cuales son

- Definir las variables lingüísticas.
- Construir las funciones de membresía que va a tener el control.
- Definir las reglas de control.

Para el desarrollo de esta etapa se pueden utilizar algunas estructuras como la de Mandami o Takagi-Sugeno, considerando que el segundo método se deriva de las reglas de inferencia del primero.

Las funciones de membresía utilizadas para estos métodos son los siguientes:

- Función trapezoidal.

$$\text{utrap}(x; a, b, c, d) \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad 2-4$$

- Función Triangular.

$$utrap(x; a, b, c) \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad 2-5$$

- Función singleton.

$$u_s(x; a) \begin{cases} 0, & x = a \\ 1, & x \neq a \end{cases} \quad 2-6$$

- Función gaussiana.

$$U_{Gaussiana}(x; c; \sigma) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \quad 2-7$$

### 2.2.26.1 Método de Mandami

En este método las variables lingüísticas se lo toman como conjuntos difusos tanto en los datos de entrada como en los datos de salida.

Los métodos de defuzzificación que utiliza Mandami en el proceso del desarrollo del controlador difuso son los siguientes:

- Método del máximo.
- Media del máximo.
- Centro de área.

### 2.2.26.2 Método Takagi-Sugeno

Se puede decir que este método se deriva del método de Mandami, la particularidad es que las consecuencias de cada regla de control que se tome arroja una función lineal, esto permite diseñar un controlador para cada sub-espacio lineal basándonos en la teoría de control lineal.

A diferencia de mandami este método tiene la característica que en función del error los valores de salida son proporcionales.

## 2.2.27 *Software*

### 2.2.27.1 *Python*

Es un lenguaje de programación cuya estructura de datos permiten orientar la programación a objetos por su alto nivel y eficiencia.

Considerando la variedad de sistemas operativos que hoy en día existen en el mundo de la computación Python está disponible para:

- Windows.
- Mac Os.
- Unix.

La ventaja de la programación en Python es que en tiempos de programación ahorra tiempo ya que debido a su estructura y librería el código no es necesario copilar de esta manera se puede obtener códigos más compactos y legibles.

Para editar el texto de los programas se utiliza los siguientes editores de código entre los más comunes estan:

- PyDev.
- PyCharm.
- Vim.
- Wing.
- Brackets.

### 2.2.27.2 *OpenCV*

Es considerada como una biblioteca artificial de uso libre que se aplica a la visión artificial, las características más importantes a citar son las interfaces que tienen con sistemas operativos:

- Python.
- Windows.
- Linux.
- Mac Os.
- Android.

Utiliza como naturaleza código C/C++, su creación con fines de eficiencia computacional y enfocada a las aplicaciones en tiempo real.

### 2.2.27.3 Raspbian

Es un software libre que actualmente se utiliza como fines para la enseñanza de informática, es compatible con las tarjetas de computadora.

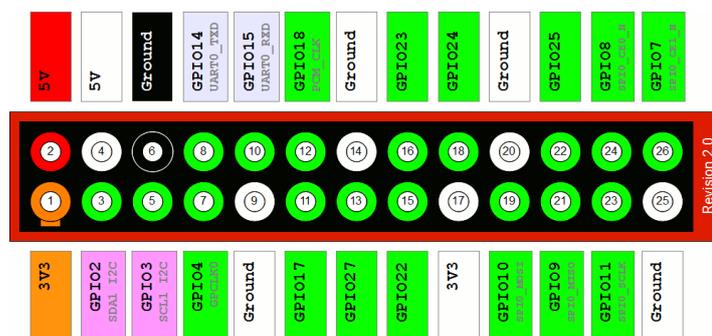
## 2.2.28 Hardware

### 2.2.28.1 Microprocesador

Es un circuito integrado compuesto por varios transistores, considerado también como un minicomputador de alta generación cuya funcionalidad es decodificar y ejecutar las instrucciones de los programas cargados en la memoria principal.

### 2.2.28.2 Raspberry Pi

Es un computador de la Segunda Generación de Raspberry Pi, reemplazó a la original en Febrero de 2015, posee mejoras como un procesador quad core ARM Cortex-A7, 1GB de RAM, 4 puertos USB, 40 pines GPIO, un puerto Full HDMI, 1 puerto Ethernet, Jack 3.5 mm, Interfaz de Cámara (CSI), Interfaz de pantalla (DSI), Ranura MicroSD, Núcleo gráfico VideoCore IV 3D, por lo cual puede ejecutar distribuciones Linux basadas en ARM, así como Windows 10 (Raspberry Pi Foundation, 2017).

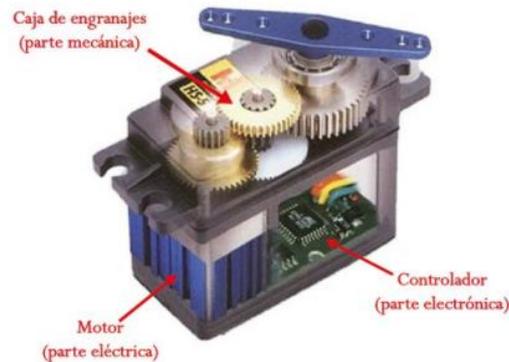


**Figura 15-2:** Numeración de los GPIO en la Raspberry Pi  
**Fuente:** (Raspberrypi, s.f.)

El sistema operativo que utiliza por defecto Raspbian, OSMC, Ubuntu Snnapy core (solo el modelo 2 y 3), RISC OS.

### 2.2.28.3 Servomotor tower sg 90

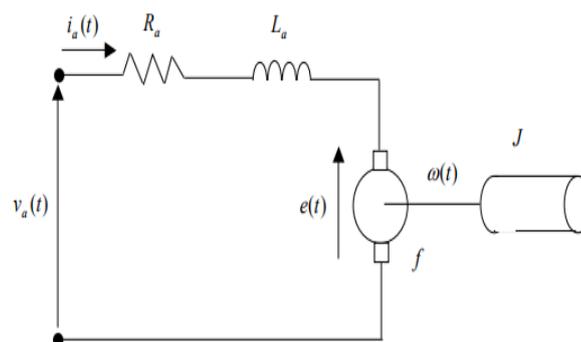
Es considerado como un motor de tipo auxiliar de corriente directa, su funcionamiento está en base al control de posición del eje para un tiempo determinado.



**Figura 16-2:** Partes del servomotor  
**Fuente:** (panamaHITEK, s.f.)

Con la imagen anterior se puede apreciar los componentes principales de un servomotor en donde el circuito electrónico (controlador) es el que se encarga de regular o mantener la posición del eje.

Para controlar este servomotor con controladores convencionales siempre es necesario conocer la función de transferencia, la misma que se halla de la siguiente manera.



**Figura 17-2:** Circuito equivalente a un servomotor  
**Fuente:** (ESIDE)

**La**=Inductancia.

**Ra**= resistencia de la armadura.

**J**= Momento de inercia rotacional.

**V(a)**= Voltaje de entrada o aplicado.

**B**= Coeficiente viscoso.

**Tm**=constante en el tiempo mecánico aproximado 63,2%.

**W**= velocidad angular.

**Ke**=constante eléctrica.

**Kt**= constante mecánica.

Considerando que una de las facilidades que puede existir dentro de los controladores difusos se tiene que no es necesario conocer el modelado o la función de transferencia de la planta sin embargo por conocimiento, la función de transferencia de un servomotor se obtiene de la siguiente manera.

Sabiendo que  $K_e = K_t$

El motor da un torque cuya expresión es la siguiente:

$$T(t) = kt * i \quad 3-1$$

Tomando como referencia el voltaje del motor se tiene:

$$Vm = kf * \frac{d\theta}{dt} \quad 3-2$$

Como se sabe que un circuito eléctrico está dado por la siguiente expresión:

$$V(t) = Ri(t) + L \frac{di}{dt} + Vm \quad 3-3$$

Remplazando la expresión 3-2 en 3-3 se obtiene lo siguiente:

$$V(t) = Ri(t) + L \frac{di}{dt} + kf * \frac{d\theta}{dt} \quad 3-4$$

La ecuación 3-4 la pasamos al dominio de Laplace por lo que:

$$V(t) = RL + LSI + kf\theta S \quad 3-5$$

Despejando L;

$$L = \frac{V(S) - kf\theta S}{R + LS} \quad 3-6$$

De la misma forma considerando un circuito mecánico se tiene que:

$$T(t) = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} \quad 3-7$$

Remplazando 3-1 en 3-7 se obtiene:

$$kt * i = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} \quad 3-8$$

La ecuación 3-8 la pasamos al dominio de Laplace y se tiene:

$$k_t L = JS^2 \theta + BS \theta \quad 3-9$$

Remplazando la expresión 3-6 en la 3-9 se tiene que:

$$k_t \frac{V(s) - kf \theta s}{R + LS} = JS^2 \theta + BS \theta \quad 3-10$$

Considerando que  $H(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)}$ ;

$$H(s) = \frac{K_t}{(S^2 J + BS)(R + LS)(K_f K_T S)} \quad 3-11$$

El principio de funcionamiento del servomotor esta dado mediante tres posiciones 0,90, 180 grados de apertura.

#### 2.2.28.4 Celdas de carga HX 711

Es aquel que mediante sus galgas internas configuradas mediante un puente de wheatstone convierte una fuerza en señal de corriente, este tipo de sensor tiene como unidad de medida los kilogramos.

#### 2.2.28.5 Trasmisor de celdas de carga HX 711

Es una placa electrónica que sirve como interfaz entre el microcontrolador y el sensor de peso, de esta manera la función fundamental es transformar la señal del puente de wheatstone de lectura lógica a digital mediante el conversor A/D incorporado de 24 bits.

#### 2.2.29 Interfaz putty

Es una herramienta como SSH y Telnet, que sirve para la conexión a servidores remotos , considerando como ventajas que es un código abierto, es compatible para Linux y Windows, es una interfaz sencilla entre otras que la hacen muy cómoda al momento de realizar una interfaz.

## CAPITULO III

### 3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Análisis del algoritmo

Para el reconocimiento de patrones del sistema de control, se tomó en cuenta parámetros como el tiempo de respuesta, el coste computacional y la eficacia del mismo

**Tabla 1-3: Análisis Teórico de algoritmos**

Algoritmo	Característica
SIFT	Estimación de posición y características
SURF	Extracción de características
RANSAC	Estima los parámetros de un modelo matemático
ASIFT	Para extraer las características normaliza traslación, rotación y escala

**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la tabla 1-3 se puede observar un análisis teórico de los algoritmos utilizados para visión artificial, de tal forma que considerando que el sistema de control necesita exclusivamente la extracción de imágenes se utiliza el algoritmo SURF que junto con la cascada de Viola-Jones explicado en el punto 2.2.22, me permiten utilizar menos recursos computacionales y el tiempo de respuesta teóricamente está en un rango de 0,02 milisegundos.

#### 3.2 Definición del entorno para el análisis

Teniendo en cuenta que para una investigación el análisis de estudio tiene que ser de menor a mayor se toma como referencia datos de AGROCALIDAD, el cual menciona que por cada metro cuadrado se puede criar 10 pollos en la región sierra y 8 en la región costa por factores de temperatura.

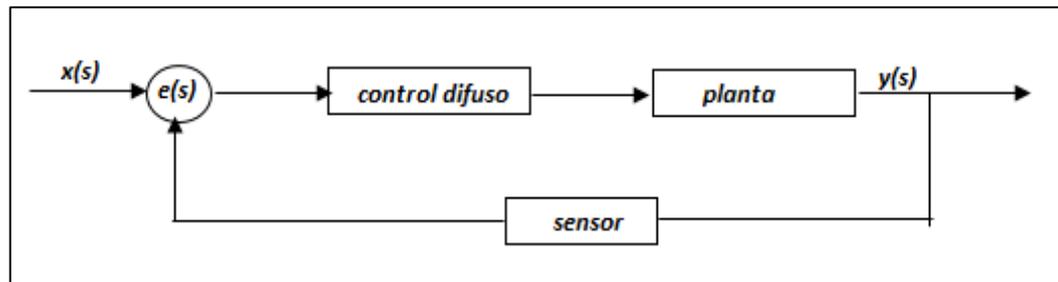
La investigación se lo realiza para la provincia de Chimborazo, tomando como base un entorno seccionado de un metro cuadrado para el análisis del sistema de control basado en el reconocimiento de patrones.

Considerando que el control está basado en el reconocimiento de patrones para mejorar el abastecimiento de insumos alimentarios, debe poseer cámaras a una posición y ángulo adecuado para la toma de imágenes.

Otro factor que se toma en cuenta para el análisis es el color del piso ya que para evitar errores de reconocimiento y conteo de pollos en el galpón se utiliza un piso de color verde, de esta manera las sombras formadas por los pollos no se confunden con los pisos de colores claros que habitualmente se tienen para la crianza de las aves.

### 3.3 Definición del sistema de control

El sistema de control en el entorno software para el abastecimiento de insumos avícolas tendrá la siguiente estructura, teniendo en cuenta que el controlador será de tipo difuso.



**Figura 1-3:** Sistema de control difuso para el abastecimiento de insumos  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En el sistema se puede apreciar dos aspectos fundamentales; el control difuso y la planta, en este caso la planta representa el algoritmo que permite reconocer los patrones en el galpón.

Los datos ingresados al sistema en forma de señal análoga son transformados al ingreso del controlador difuso a datos digitales, ya que en control inteligente los valores medidos estarán entre 0 y 1.

### 3.4 Análisis de variables

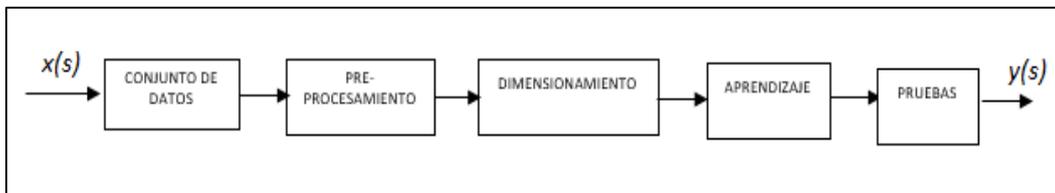
Las variables que se tomaran en cuenta son el número de pollos y el voltaje que necesita el servomotor para su apertura y poder abastecer los insumos avícolas, las mismas son establecidas de la siguiente manera:

- Variables de entrada. La imagen, número de pollos.
- Variables de salida. Señal (PWM).

### 3.5 Diseño del reconocimiento de patrones

Tomando en cuenta que uno de los parámetros fundamentales para el buen funcionamiento del sistema es el reconocimiento de patrones, se tiene el siguiente diagrama de bloques que representa el diseño del reconocimiento de patrones.

El patron utilizado para el reconocimiento de los pollos es la sombra y forma de la misma producida por los pollos, se descarto características como el color ya que su cambio entre el amarillo y el blanco no es uniforme provocando un problema al momento de clasificarlos como un pollo grande o pequeño.

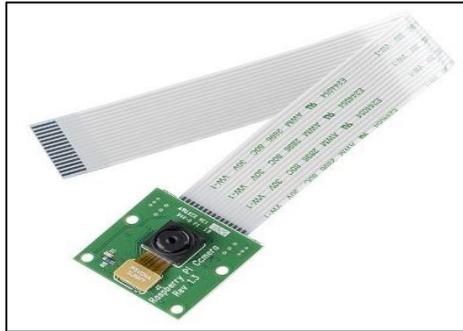


**Figura 2-3:** Lazo de control del sistema de reconocimiento de patrones.

**Realizado por:** Sánchez, Rolando; 2018

Como se puede observar en la figura 2-3, el reconocimiento de patrones consta de 5 procesos considerando que  $x(s)$  son las entradas que para la investigación se considera el entorno del galpón avícola por lo que  $y(s)$  es la salida o los resultados del reconocimiento de patrones.

En el primer proceso se va a almacenar las imágenes capturadas del entorno real del ambiente seccionado y el galpón avícola, para este fin se utilizó la cámara de Raspberry Pi, tomando en cuenta que en visión artificial las imágenes siempre tienen ruido producido por la iluminación y el enfoque de la cámara.

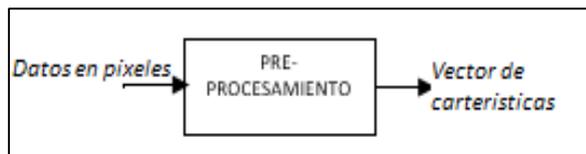


**Figura 3-3:** Cámara Raspberry Pi  
**Fuente:** (Raspberry Pi Foundation, 2017)

Actualmente es la única cámara que posee Raspberry Pi, cuyas características son: resolución 5 megapíxeles y capacidad 2592x1944 píxeles, además de ser compatible con formatos de video de hasta 1080p30, 720p60 y 640x420, además es compatible con el sistema operativo Raspbian (Raspberry Pi Foundation, 2017).

Como segundo paso está el pre-procesamiento, en esta etapa lo que realiza la cascada de OpenCV es eliminar el ruido, sabiendo que para el proyecto se trabaja con imágenes capturadas en entornos reales por la cámara de Raspberry Pi.

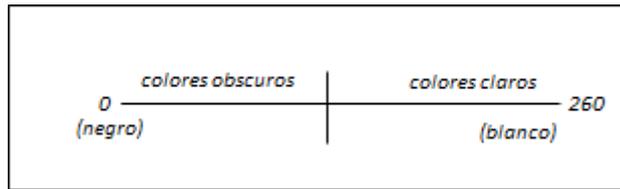
Además en este proceso se realiza la extracción de las características, tales como; las sombras producidas por los pollos en el ambiente seccionado y en un galpón avícola, el análisis de dichas características se realiza por la saturación de colores.



**Figura 4-3:** Proceso de pre- procesamiento  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la figura 4-3, se puede observar la etapa de pre-procesamiento la entrada son los píxeles del conjunto de datos de la imágenes capturadas por la cámara y la salida es un vector de características.

La siguiente etapa es el dimensionamiento, el proceso que realiza el algoritmo es seleccionar las características que fueron pre-procesadas con el parámetro de color, transformándolas a escala de grises, para posteriormente proyectar las mismas

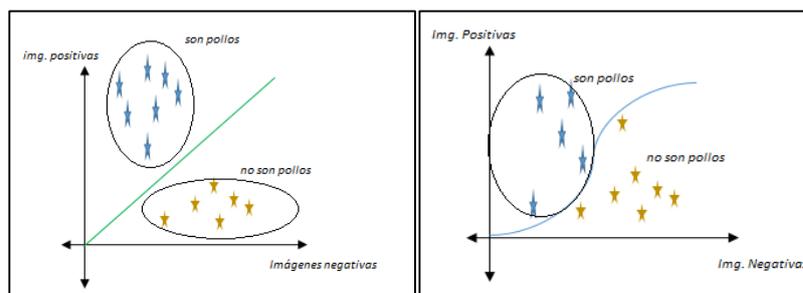


**Figura 5-3:** Escala de grises por RGB  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la figura 5-3, se puede observar una escala resumida sobre los colores RGB que están representados entre el 0 que sería el color negro y el 260 que es el color blanco datos que son tomados en cuenta para la proyección de características en el reconocimiento.

Uno de los parámetros fundamentales en el reconocimiento de patrones es el aprendizaje ya que en este proceso el algoritmo distingue las clases, para la investigación de reconocimiento de pollos en galpones avícolas, para lo cual se realiza la interpolación del vecino más próximo, su funcionamiento es en base a la comparación de píxeles y asignarle el valor del píxel que se está estudiando.

Para el proceso de aprendizaje y clasificación del algoritmo del 100% en las que involucra la base de datos y las nuevas imágenes que captura el sistema para la toma de decisiones, se destinó el 80% de datos a reconocer para clasificarlos diferenciando si es pollo o no y el 20% es para los nuevos elementos que ingresan al sistema.



**Figura 6-3:** Proceso de modelado para el aprendizaje  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la figura 6-3, se puede apreciar un esquema en el plano, proporcional a lo que el algoritmo realiza, en el cual si los datos están totalmente dispersos entre etiqueta (pollo, no pollo) el algoritmo utiliza simplemente una recta para la decisión, sin embargo si hay nuevos individuos ya no bastaría una recta sino una función senoidal para la toma de decisión si es o no pollo.

Otro aspecto a considerar es el posicionamiento de la cámara para definir los valores, determinando si un pollo es pequeño o grande en función de los píxeles, es esencial una altura constante para el fin por lo que se tomó como referencia la siguiente expresión.

$$\frac{\text{altura del objeto}}{\text{distancia del objeto}} = \frac{\text{altura de la imagen}}{\text{distancia focal}}$$

En donde la distancia focal es la medida entre el centro óptico del lente, altura del objeto y distancia del objeto se puede medir cuyas unidades están en mm, la única mediada a encontrar es la altura de la imagen.

La programación y entrenamiento de la cascada se realizó mediante el software libre PYTHON, ya que a más de ser libre es un programa que no necesita ser compilado, al mismo tiempo que se utilizó la librería de OpenCV para el entrenamiento de la misma.

createSample: me permite combinar las imágenes

traincascade: genera el archivo XML a partir de la cascada

cascadeClassifier: utiliza los datos planos en la operaciones e identifica en archivo XML

cvt.color: analiza en función de la escala de grises.

Utilizando las herramientas antes mencionadas, con la siguiente sintaxis, se generan combinaciones entre las deformaciones de la imagen positiva y las imágenes negativas, almacenando la posición en la que se encuentran los objetos a detectar para que el algoritmo genere cascadas de clasificación.

```
msgoon6@msgoon6:~$ opencv_createsamples -img 1.jpg -bg bg.txt -info info/info.lst -pngoutput info -maxxangle 0.5 -maxyangle -0.5 -maxzangle 0.5 -num 10
```

Lo que genera como resultado un total de 1017 imágenes combinadas, mismas que se encuentran en el archivo digital y como ejemplo se presenta el Anexo 3.

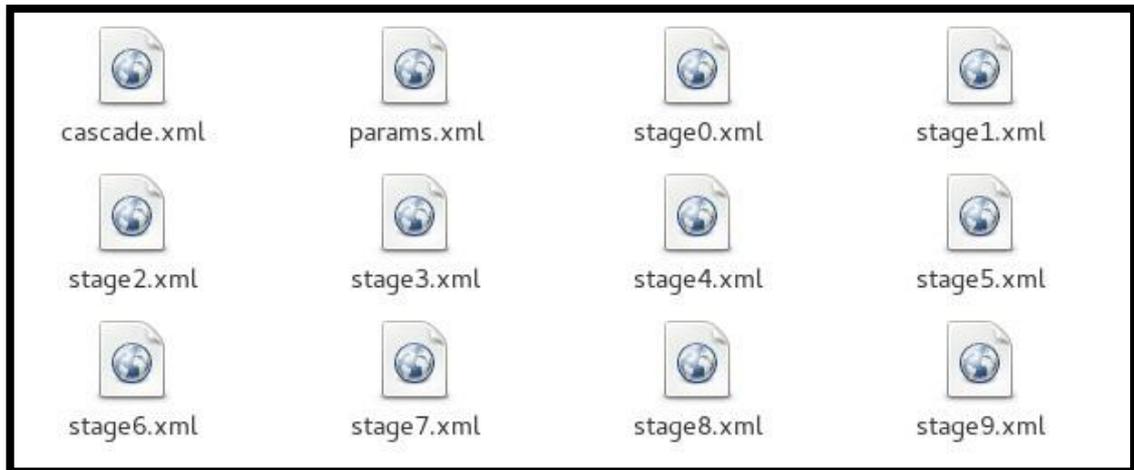
La información de estas imágenes se las convierte en un vector de información para que sea manejable por OpenCV

```
msgoon6@msgoon6:~$ opencv_createsamples -info info/info.lst -num 7 -w 20 -h 20 -c positives.vec
```

Este vector de información “positives.vec” se pasa a train cascade para que genere el archivo xml correspondiente a la cascada de características a buscar.

```
msgoon6@msgoon6:~$ opencv_traincascade -data data -vec positives.vec -bg bg.txt -numPos 1017 -numNeg 1017 -w 20 -h 20 -numStages 10
```

Esta versión inicial del reconocedor presenta la posibilidad de complementarse únicamente incrementando imágenes positivas o negativas dado que la cascada funciona por stages (pisos) que se van incrementando a medida que sean necesarios

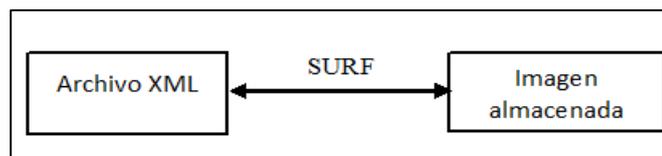


**Figura 7-3:** Entrenamiento de la cascada para la extracción de características de los pollos.  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018.

Esta primera cascada logró un reconocimiento aceptable que tuvo que ser mejorado permanentemente, debido a las características de la cámara que no capturaba sombras puesto que es uno de los principales factores considerados para delimitar un objeto de otro, por lo que se tenían problemas similares al correo de notificación mostrado en el Anexo 4.

Por cuanto se incrementó imágenes positivas correspondientes a esas condiciones de luz, tomadas con la cámara de la Raspberry se incrementó también imágenes negativas del galpón vacío tomadas de forma similar, se reentrenó la cascada y se obtuvieron resultados similares mostradas en el Anexo 5.

Como medida final y considerando las tendencias de mejoramiento de sombras para la delimitación de objetos, se decide la utilización de un material de color diferencial para el fondo del galpón y la instalación de un origen de luz detrás de la cámara para estandarizar las sombras obtenidas.



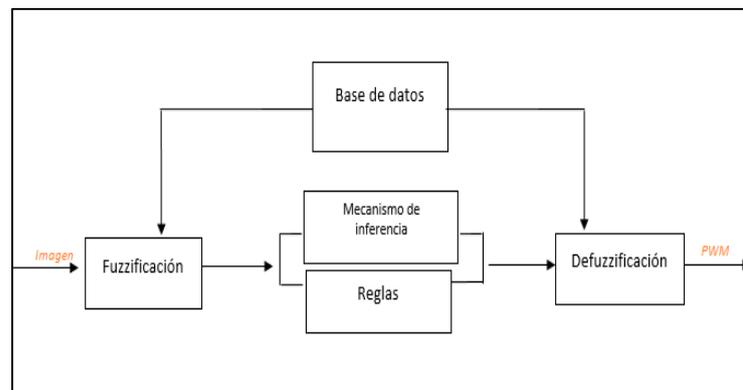
**Figura 8-3:** Entrenamiento del algoritmo SURF  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

El entrenamiento de la cascada se realizó con la ayuda de Haar-Cascade que a más de ayudar al reconocimiento se lo utilizó para el entrenamiento del algoritmo junto con SURF. Lo que se puede observar es que el archivo en formato XML arrojado por Python y OpenCV es comparado con la base de datos para encontrar las características similares y toma la decisión si existen o no aves en el galpón.

### 3.6 Diseño del control difuso

Para la toma de decisiones dentro del sistema de control en el abastecimiento de insumos alimentarios se utilizó la metodología de la lógica difusa detallado en el numeral 2.2.24, de esta manera se consideró parámetros de entrada como son: el número de píxeles, el color y la forma; las salidas son: el número de pollos y tiempo de apertura de las válvulas para su abastecimiento.

El control difuso que se diseña e implementa es un controlador del tipo proporcional, el cual como entradas para el funcionamiento tiene el número de pollos procesados por el algoritmo de reconocimiento.



**Figura 9-3:** Sistema de control difuso  
**Elaborado por:** Sánchez, Rolando, 2018

La estructura del controlador difuso está en función de los datos que se obtiene en el reconocimiento de patrones y en la toma de decisiones del tiempo de apertura de la válvula para el abastecimiento de insumos. La expresión utilizada es la siguiente:

$$t = \frac{N * I}{Q}$$

t= tiempo que necesitara abrirse para el abastecimiento de insumos.

N = cantidad de pollos reconocido por el algoritmo.

I = insumos que necesita cada ave para su alimentación.

Q= es la cantidad de insumos que se abastece por unidad de tiempo.

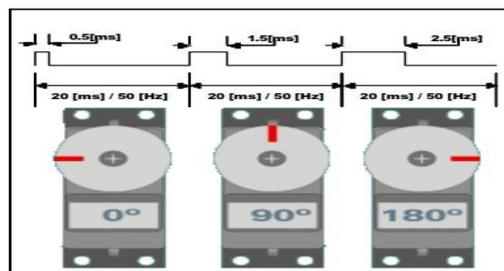
### 3.6.1 Fuzzificación del control

En este proceso se realizó lo siguiente:

1. Definir las variables lingüísticas.
2. Determinar los conjuntos difusos.
3. Establecer las reglas de control.

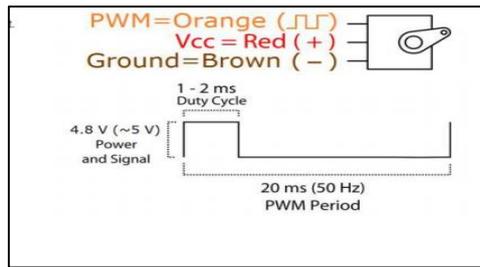
#### 3.6.1.1 Variables lingüísticas

Se toma en cuenta el principio básico del funcionamiento de la válvula de abastecimiento de insumos (servomotor), mismo que funciona de acuerdo al giro de su eje cuyas posiciones son 0, 90 y 180grados.



**Figura 10-3:** Posicionamiento de un servomotor  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Considerando que una vez tomado el error que son el número de pollos en el galpón obligatoriamente necesitamos transformar estos datos analógicos a digitales considerando que la lógica difusa interpreta valores entre 0 y 1, la modulación del ancho de pulso en función del voltaje se realiza con la librería de Python (RPI.PWM) a través del acceso directo de memoria de la Raspberry (DMA).



**Figura 11-3:** PWM de un servomotor  
**Fuente:** (SHEET)

Se puede apreciar los cables que contiene el servomotor utilizado, además la señal característica, sabiendo que el motor tiene tres posiciones, se realiza una relación en función de posiciones para que interprete el controlador difuso por lo que por datos brindados por el data sheet se tiene que:

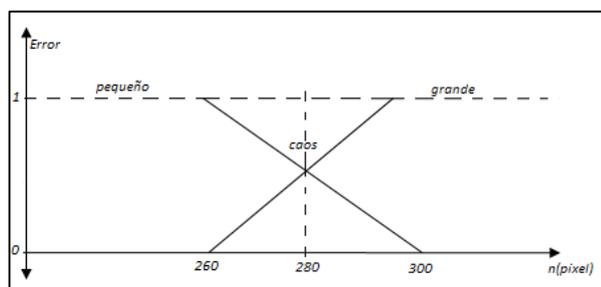
- Posición “0” 1,5ms de pulso.
- Posición “90” un pulso de 2 ms.
- Posición “-90” 1 ms de pulso.

Por lo que la relación para el controlador se tendrá que el inicio lo tendremos en el punto 7,5%, para abrir la válvula estará relacionado en 12,5%, en este instante hay un tiempo muerto para el abastecimiento correcto de insumos cuyo valor está calculado por la siguiente expresión.

$$t = \frac{\text{numero de pollos} * \text{cantidad requerida}}{\text{caudal}}$$

Y la relación final es cerrar la válvula en este caso se trabaja con un porcentaje de 2,5% para que vuelva a la posición inicial. Por lo que las etiquetas del sistema son tres pequeño, cero y grande,

- ENP=Error negativamente Pequeño.
- EC= Error cero.
- EPG=Error positivamente grande.
- 



**Figura 12-3:** Definición de variables  
**Realizado:** Sánchez, Rolando, 2018

De la misma manera las salidas del sistema serán:

- VNP= Tiempo negativamente pequeño.
- VC= Tiempo cero.
- VPG=Tiempo positivo grande.

### 3.6.2 Conjuntos difusos

Para este propósito se utilizó la función trapezoidal y la función triangular por lo que su relación queda de la siguiente manera.

ERROR

$$ENP = \text{trapf}(0.0; 0.0, 260.0; 300.0)$$

$$EC = \text{trianf}(-20.0, 0.0, 20.0)$$

$$EPG = \text{trapf}(260.0, 300.0; 300.0; 300)$$

VOLTAJE

$$M_1(VNP) = \text{trapf}(-0,75; -0,75; 0,5; 0,25)$$

$$M_2(VC) = \text{trianf}(-0,25; 0; 0,25)$$

$$M(VPG) = \text{trap}(0; 0,25; 0,5; 0,5)$$

### 3.6.3 Reglas de control

Después de fuzzificar y defuzzificar en función de las variables lingüísticas y conjuntos difusos se plantea las siguientes reglas de control para la programación del controlador.

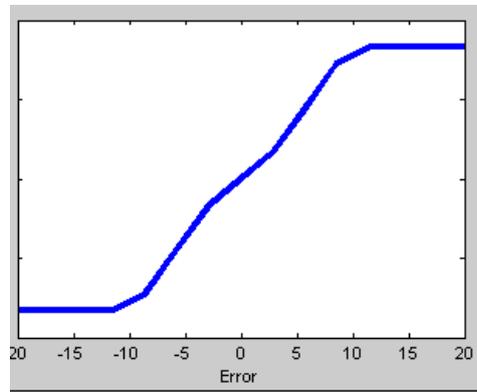
**Tabla 2-3:** Reglas de control del sistema

ERROR	VOLTAJE
EPG	VPG
ENP	VNP
EC	VC

**Realizado por:** Sánchez; Rolando, 2018

### 3.6.4 Defuzzificación del controlador

El controlador difuso construido es del tipo PD, ya que las salidas dependen del error que se tenga a la entrada del sistema, la gráfica proporcional al sistema se tiene en la figura 13-3.

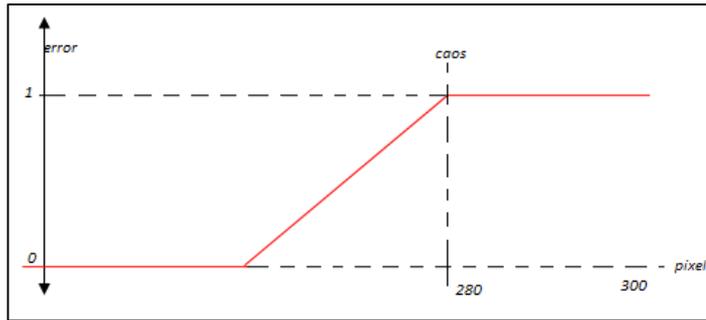


**Figura 13-3:** Curva de funcionamiento del servomotor  
**Realizado por:** Sánchez; Rolando, 2018

En la anterior figura 13-3, podemos identificar el funcionamiento del controlador en función de los requerimientos de la planta identificando claramente que es un sistema de tipo proporcional.

Como ya se mencionó en el proceso de fuzzificación las funciones utilizadas son la función triangular y trapezoidal, sin embargo el sistema está diseñando con el objeto de reconocer si en el ambiente seccionado o galpón hay una presencia de aves por lo que se utilizó una función de grado.

La función de grado es aquella que reconoce el punto en el espacio comprobando de esta manera si el mismo es un vector tomando así la decisión si la presencia es o no un pollo, además esta función lo que hace es determinar hacia donde tiende el valor de pixeles hacia la derecha (grande) o hacia la izquierda (pequeño).



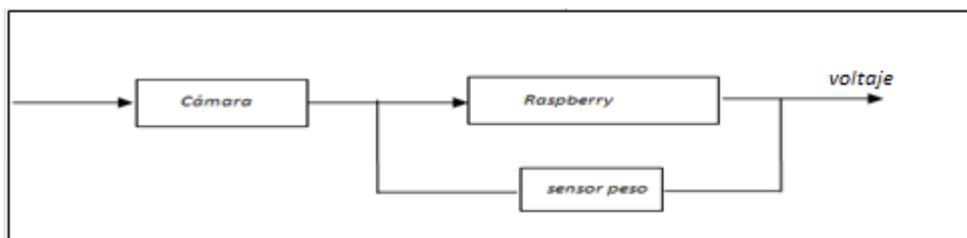
**Figura 14-3:** Defuzzificación de las variables lingüísticas  
**Realizado por:** Sánchez; Rolando, 2018

En la figura 14-3 se aprecia el proceso de defuzzificación en donde; la función triangular es la encargada de determinar el punto de caos mismo que indica el cambio de tamaño, mientras que una función trapezoidal me indica en qué valor creció la función hacia la derecha o la izquierda para la toma de decisión si es grande o pequeño.

Considerando como base que un pollo pequeño está definido por un número de pixeles de 260 y como máximo 300 px en el caso de los grandes según imágenes estándar adquiridas del manual de AGROCALIDAD, se tomó como dato a partir de caos un error de +/- 20 para los cálculos posteriores en la toma de decisiones de grande o pequeño esta función la realiza la función de grado como ya se mencionó.

### 3.6.5 Entorno hardware del sistema de reconocimiento de patrones.

Para el entorno hardware se tiene la cámara, el microprocesador (Raspberry Pi) el servomotor y el sensor de peso ilustrados en el siguiente diagrama:



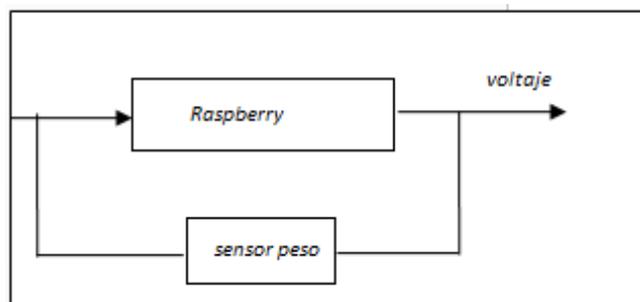
**Figura 15-3:** Diagrama Hardware del sistema de reconocimiento de patrones.  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En el diagrama se pueden observar los elementos que actúan y como lo hacen para el control del abastecimiento de insumos, como primer proceso la cámara captura la imagen, el algoritmo lo procesa toma una decisión del número de pollos según la lógica difusa, identifica el tamaño

y en función de esos parámetros se realiza la modulación del ancho de pulso (PWM) para controlar el tiempo de apertura del sistema.

### 3.6.6 Censado y retroalimentación

Para el censado del peso se utiliza los sensores Hx 711, cuyo principio de funcionamiento está dado por la separación de su celda, entre más distancia más voltaje o viceversa, sin embargo los sensores no funcionan solos ya que para su lectura necesitan las células de control, las cuales permiten calcular en función de voltaje cuanto de alimento posee los dispensadores.



**Figura 16-3:** Diagrama de retroalimentación del sensor de peso.  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En el diagrama 16-3 se puede apreciar la manera que el sensor realiza el censado de la cantidad de alimento en los contenedores, esta información es ingresada a las entradas digitales de Raspberry Pi, el fin de esta información es analizar el momento adecuado para el llenado de los contenedores

### 3.6.7 Implementación del controlador

Para la implementación del controlador se utilizó la siguiente metodología tanto para software como para hardware y herramientas computacionales.

Se utilizó el software Python tanto para el diseño del algoritmo que permite reconocer, clasificar y contar el número de especies en el galpón, como para programar las reglas de control que se utiliza en el sistema.

Así también, Python al ser uno de los lenguajes más compatibles con el sistema operativo del hardware utilizado y OpenCV resulta mucho más fácil engranar tanto el control difuso y reconocimiento de patrones.

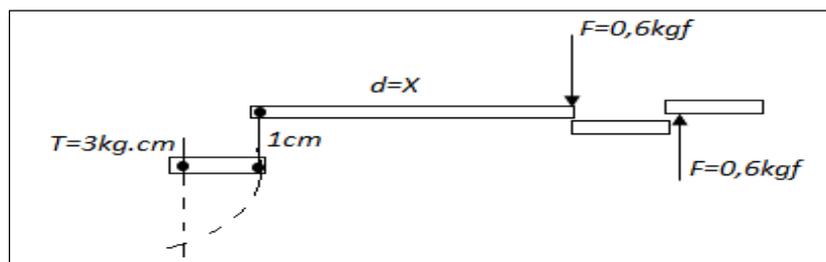
En lo que corresponde hardware se tomó la decisión de utilizar Raspberry Pi ya que sus propiedades tecnológicas son superiores a la de un arduino y el enfoque de nuestro sistema se complementa de mejor manera con este microcomputador, la alimentación para el sistema se lo realiza mediante un cargador móvil que entregue más de 750mA de corriente.

**Tabla 3-3:** Comparación de características entre Arduino y Raspberry Pi

Parámetro	Arduino	Raspberry Pi
Dimensiones	7,6x1,9x6,4cm	8,6cmx5,4cmx1,7cm
Memoria	0,002MB	512 MB
Tiempo de Procesamiento	16MHz	700MHz
Voltaje de entrada	7 a 12 v	5v
Sistema operativo	Ninguno	Distribución de Linux
Conexión a la red	Ninguno	10/100 wired Ethernet RJ45

**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

De la misma manera considerando que es un sistema de alimentación se utiliza servomotores como válvulas ya que estos permiten el abastecimiento en relación del número de pollos que se encuentren en el galpón, los mismos serán utilizados tanto para el alimento como para el abastecimiento del agua.



**Figura 17-3:** Sistema de poleas para el accionamiento de la válvula

**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Para el accionamiento de la válvula de agua se toma como referencia el sistema mostrado en la figura 17-3, sabiendo que para la apertura de la misma se necesita una fuerza de 0,6 kgf, y que el torque del motor es 3kgf\*cm, se utilizó la teoría de torques para que el servomotor realice un menor esfuerzo y produzca la fuerza necesaria para abrir la válvula, por lo que la distancia adecuada para realizar este proceso se halló de la siguiente manera.

$$F_v = 0,6kgf$$

$$T_m = 3kgf * cm$$

Sabiendo que:

$$T = F * d$$

$$d = \frac{3kgf * cm}{0,6 kgf}$$

$$d = 5cm$$

Por lo que la distancia ideal para conservar el torque del servomotor y poder aplicar la fuerza en la válvula es de 5cm.

Además sabiendo que el caudal está dado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\text{Volúmen}}{\text{tiempo}}$$

Conociendo que la capacidad del recipiente es de 1 litro equivalente a 1000 gr, se realizó la medición de vaciado por segundo lo cual es 26 gr/s

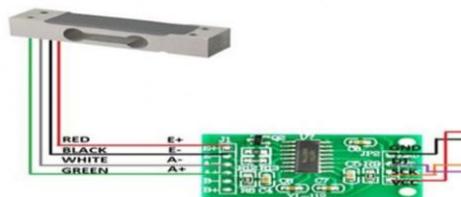
Además para la realización de los recipientes de alimento y agua se utilizó material reciclado como son botellas plásticas de 3lt, mismas que fueron cortadas de tal manera que se puedan llenar de alimento o insumos avícolas.



**Figura 18-3:** Contenedores de alimento  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

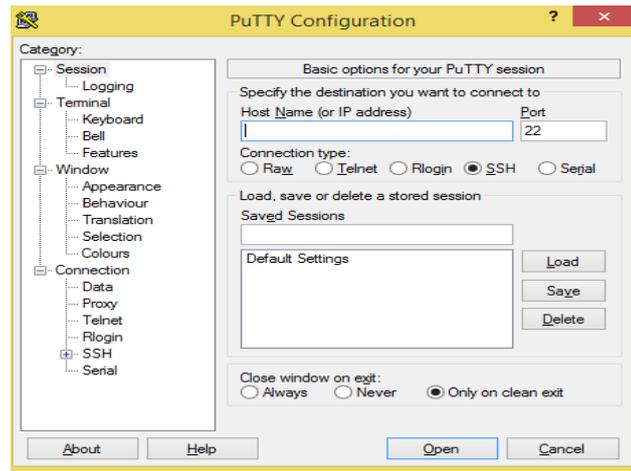
De la misma manera se realizó la experimentación con ayuda de un cronometro y sabiendo que el peso de cada contenedor es de 5kg se determinó el caudal de alimento para las primeras semanas del pollo con un valor de 146 gr/s y 158 gr/s para las ultimas semanas.

En lo que corresponde a sensores se tiene la cámara Raspberry Pi, además se utilizó el sensor de peso hx711, que en base a su funcionamiento es el de tipo inductivo junto con la célula de control la función de este pequeño sistema es indicar la cantidad de alimento que se abastecio en función del número de pollos durante cada proceso mediante el cesado.



**Figura 19-3:** Conexión del sensor de peso y su célula de control.  
**Realizado por:** Sanchez, Rolando, 2018

Para la interfaz gráfica entre el sistema y scada, misma que permite el monitoreo en tiempo real de lo que está pasando en galpón se lo realizo mediante la herramienta putty y a través de una conexión SSH mediante Ethernet a un Router.



**Figura 20-3:** Curva de funcionamiento del servomotor  
**Realizado por:** Sánchez; Rolando, 2018

En la figura 20-3 se puede ver el modo de conexión mediante SSH a través de la herramienta PUTTY entre el sistema implementado y el SCADA, mismo que permite el monitoreo de las aves en el galpón avícola.

Considerando los datos técnicos de AGROCALIDAD, que para el proceso de crianza de pollos en un galpón se debe considerar que por cada m<sup>2</sup> el número de pollos debe ser 10, el espacio del galpón tiene un área de 1m<sup>2</sup> considerando que el análisis de pruebas se va a realizar para 10 pollos.

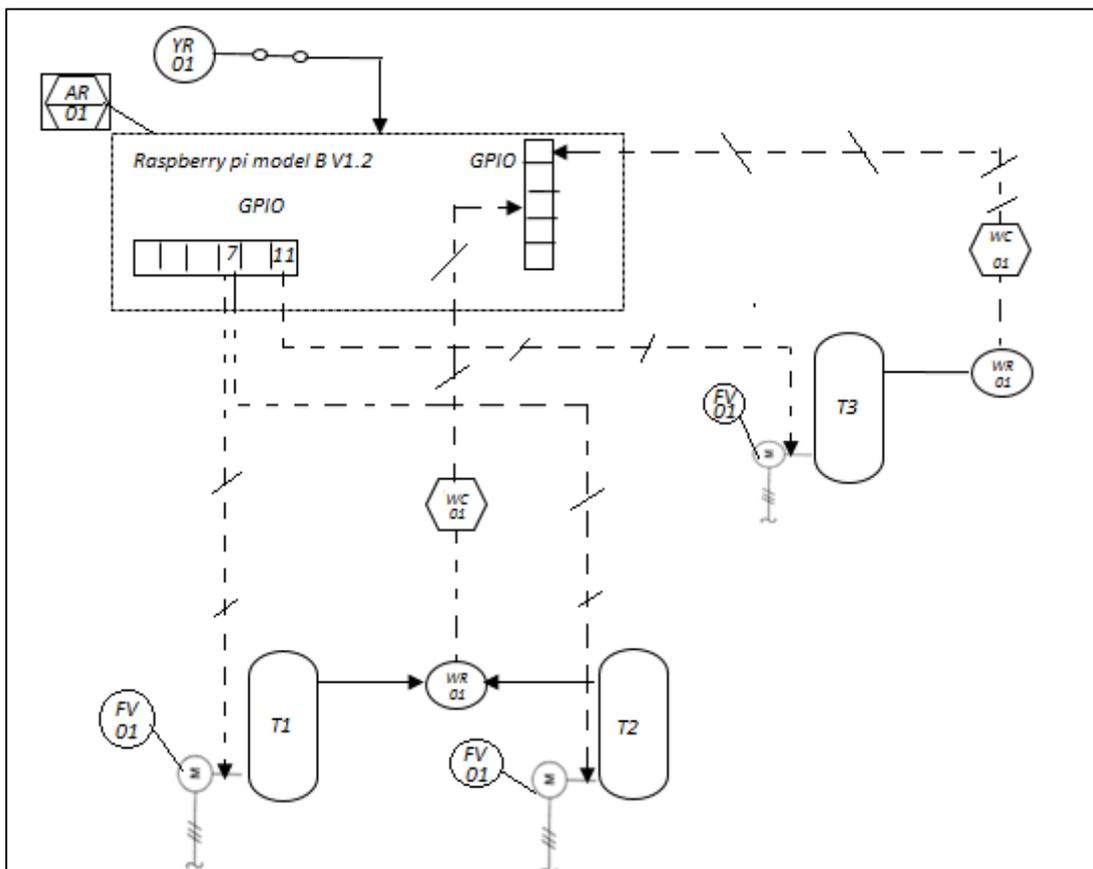
**Tabla 3-4:** Recursos técnicos para la implementación del controlador de insumos.

RECURSO	CARACTERISTICA	DESCRIPCION
Router Huawei	Modelo hg8245	Router ADSL / Frontera
Computador Portátil	Procesador Intel Core i5 4GB de RAM	Computador dedicado a ser el equipo de desarrollo principal
Raspberry Pi 3	Cetro de procesamiento, 1GB de RAM	Centro de Procesamiento, servidor de datos, servidor web
Raspbian	Versión Minimal para Raspberry Pi 3 basada en Debian 8	Sistema Operativo Libre utilizado en la Raspberry Pi 3
Servo Motor SG90	Micro Servo Motor para 5kg/cm de torque	Actuador utilizado para el control de válvulas

RECURSO	CARACTERISTICA	DESCRIPCION
Celda de presión HX11	Celda y Módulo compatibles con arduino y Raspberry Pi, soporta 5kg	Sensor para el control del peso existente en los depósitos de comida y agua.
RaspiCam	Módulo de cámara 5mpx sin flash	Módulo de cámara para la obtención de imágenes a analizar en el servidor de datos
Linux Ubuntu 16.04	Versión 16.04 64 bits LTS	Sistema Operativo Libre utilizado para el computador portátil

**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la tabla se puede observar en forma resumida los recursos que se utilizaron para implementar el sistema.



**Figura 21-3:** Diagrama P&ID del ambiente seccionado.

**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

El diagrama general de instrumentos se realizó en base a las reglas de la norma ANSI/ISA-S5.4 para diagramas de lazo de instrumentos y la norma ANSI/ISA-S5.5 para los símbolos gráficos en la visualización de procesos, en la siguiente tabla se puede distinguir los diferentes instrumentos utilizados.

**Tabla 5-3:** Diagrama de instrumentos del sistema de control de insumos.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
AR/O1	Análisis de registro compartido en el lazo de control 01
	Enlace de información
	Señal eléctrica binaria
YR 01	Sensor registrador
FV 01	Válvula de caudal
WR	Registrador de peso
WC	Controlador de peso

**Realizado por:** Sanchez, Rolando, 2018

### 3.7 Ambiente de simulación y pruebas

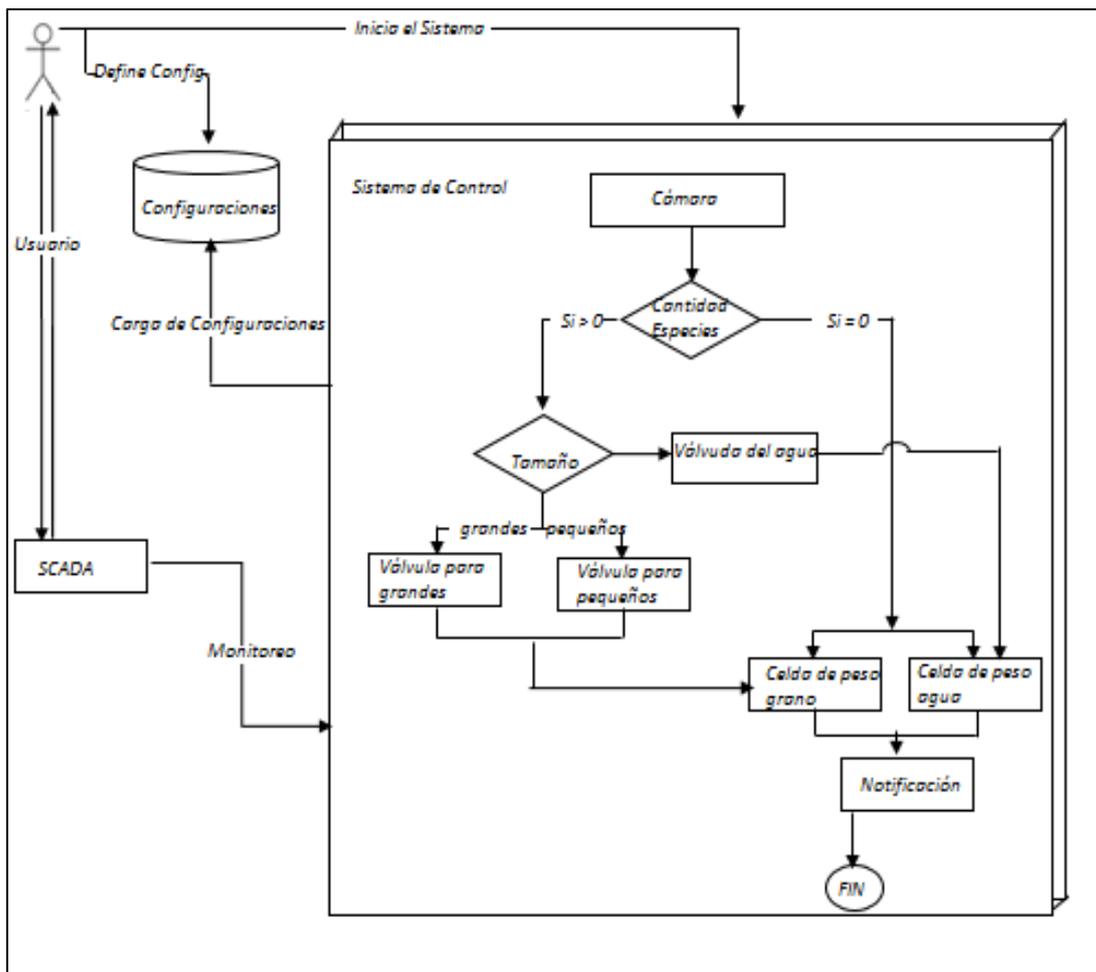
#### 3.7.1 Ambiente de pruebas automatizado

Tomando como referencia los datos de AGROCALIDAD, el cual indica que a partir de 200 pollos se considera como galpón avícola y por la dificultad de realizar experimentación en los galpones, por factores de cuidado de las especies, se tomó una muestra de un metro cuadrado ya que según manuales avícolas especifican que por 1m<sup>2</sup> se da la crianza de 10 pollos, además se tomaron en cuenta datos de consumo por pollo en gramos según la tabla del anexo 2.

Dada la disponibilidad física tanto de las especies como de los insumos requeridos, no fueron necesarias las simulaciones, sino que la medición se realiza directamente sobre la muestra existente, las cuales son 10 pollos adquiridos a los 6 días de su nacimiento, los cuales serán

considerados pequeños, a los que se les dará seguimiento durante 1 semana, a continuación se adquieren de igual manera 10 pollos con 4 semanas de nacidos, por lo cual se los considera grandes, a los cuales el sistema utilizando la lógica difusa implementada debe diferenciar por el tamaño y en ambos casos, utilizando la cascada (haar cascade) de OpenCV entrenada previamente, se detectarán cuantas especies hay en cada caso.

De tal manera que el ambiente de pruebas esta descrito en siguiente diagrama UML en cual se puede evidenciar la implementación del sistema en un galpón.



**Figura 22-3:** Proceso de control  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

El proceso se inicia con el usuario, el mismo que es capaz de establecer las configuraciones requeridas, mismas que se muestran en el Anexo 1 y se almacenan en la ruta /usr/share/config/config, establecido como un archivo de texto plano que se lee cada vez que el sistema de control se ejecuta para funcionar de acuerdo a lo ahí especificado, convirtiéndolo en un sistema adaptable y escalable, posteriormente entra en funcionamiento la cámara, misma que

toma una imagen del estado actual del galpón y a través de visión artificial basado en el haar cascade definido por el desarrollador, detecta por patrones la cantidad de pollos existentes en ese momento, en caso de no detectar nada únicamente informa al usuario a través del correo definido en las configuraciones que no hay ninguna especie y cuál es la cantidad de alimento y de grano que queda en los depósitos, por otro lado si existe algún pollo, procede a detectar su tamaño, pudiendo ser este grande o pequeño, lo que se define con lógica difusa y en dependencia a esto se carga del archivo de configuraciones la cantidad requerida por cada especie y el caudal al que funcionan las válvulas para poder controlar la cantidad de alimento basado en el tiempo que permanecerá abierta, de la misma forma el agua es distribuida siguiendo la misma lógica para finalmente también informar al usuario sobre la acción realizada en el galpón seccionado, todo esto acompañado con el número de pollos reconocidos a través de la imagen capturada por la cámara de Raspberry Pi.

Además el usuario puede acceder al SCADA de monitoreo en cualquier momento y desde cualquier dispositivo conectado a la misma red que el a través de su interfaz web que se puede acceder por el puerto 5000 de la Raspberry Pi con cualquier navegador web moderno.

## CAPITULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Desarrollo

##### 4.1.1 *Resultado sobre visión artificial*

Considerando las tendencias estudiadas y las diferentes técnicas recomendadas por los diferentes autores, se procede a un análisis de factibilidad a la implementación de un método en este caso particular, mismo que presenta los siguientes factores a considerar.

- Hardware de procesamiento limitado.
- Calidad fotográfica limitada.
- Fuente de luz externa a la cámara.
- Inexistentes trabajos previos similares.

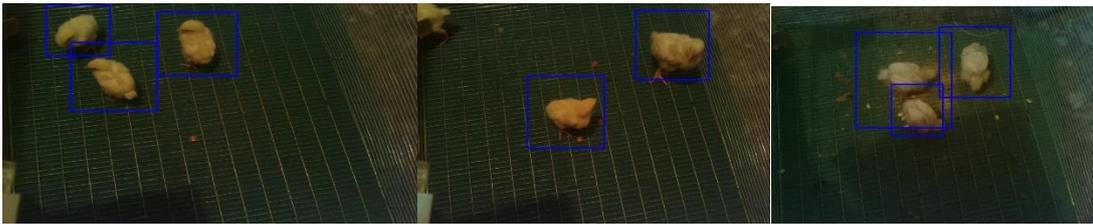
Por lo que considerando las características de cada una de las 5 tendencias estudiadas en el punto 2.2.20 y 3.1, se concluye que el proceso con menor costo computacional es el de Viola-Jones junto con SURF, por cuanto se lo considera como el principal candidato para la implementación, dado que complementado a su modelo de cascada de características, se vuelve sumamente adaptable.

Como lo menciona el proceso teórico, se requiere una cascada de características a utilizar para la detección, por cuanto se utilizará la herramienta “traincascade” de OpenCV para la creación de una cascada de características que permita la detección de pollos domésticos, para lo cual se tiene como lo sugiere la teoría, 1 imagen positiva que consiste en una imagen en formato jpg de dimensiones 50px X 50px, misma que se adjunta en el ANEXO C.

Misma que muestra el objeto a detectar, en un fondo neutral para la definición del contraste correspondiente, a la cual utilizando la herramienta “create samples” de OpenCV, se le aplican diversas deformaciones y estiramientos para lograr generar variantes del objeto a reconocer.

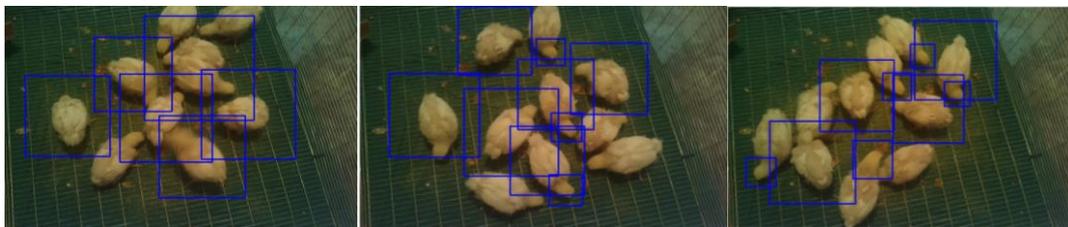
Por otro lado se tienen imágenes “negativas” que son aquellas en las que no se encuentra el objeto a detectar, mismas que tienen la dimensión de 100px X 100px, en formato .jpg y en escala de grises, se tiene un total de 1017, mismas que se encuentran adjuntas en la copia digital de este archivo y 1 ejemplo se encuentra en el Anexo 3.

Para la comprobación de reconocimiento de patrones se realizó con dos escenarios tanto para un número pequeño de pollos y para el total que en este caso son los 10 pollos.



**Figura 1-4:** Experimentación con tres pollos  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando; 2018

Tomando en cuenta que para el reconocimiento de patrones se está tomando como referencia el dibujo de un rectángulo en el primer experimento el sistema no tuvo inconveniente alguno.



**Figura 2-4:** Experimentación con un total de 10 pollos  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la anterior figura se puede observar que para un número considerable de aves el sistema es muy estricto ya que en ocasiones si el pollo no está totalmente en el contorno de análisis no es reconocido como tal sin embargo el sistema funciona de forma aceptable.

#### **4.1.2 Resultados de la Lógica difusa**

Considerando que la mayor parte del proceso de reconocimiento se basa en la cascada generada, el único punto en que se considera necesaria la implementación de inteligencia artificial es la determinación del tamaño del pollo detectado, por cuanto, al considerarse una decisión binaria además de que se ve interferida por la distancia a la que se encuentra el pollo de la cámara, es decir la existencia de “caos” en la fotografía se decide la implementación de lógica difusa o borrosa.

Para la determinación, mediante la experimentación se define el tamaño en píxeles que tendrá el cuadro de detección cuando el pollo se encuentre en el centro del galpón y siguiendo lo mencionado en el libro de crianza que tomamos como guía, siendo este de 290px.

El caos involucrado en la fotografía corresponde a la perspectiva del pollo en la fotografía, es decir si el pollo se encuentra lejos de la cámara se verá más pequeño de lo que es realmente, de igual manera mediante la experimentación se define el valor de diferencia en pixeles que existe por la perspectiva entre el centro y el punto más lejano, siendo este el rango de valores que se ingresará como caos al cálculo difuso, siendo este rango de 5px, por cuanto se tiene 5px para lejano y -5px para cercano en función del centro del galpón.

Como lo menciona la teoría para una decisión booleana con ruido se considerará una función triangular para el punto de referencia, una función trapezoide para determinar la detección real y una función de grado para determinar la concordancia entre las 2.

Las funciones de membresía se basan en la fórmula de la propagación de la recta, dado que el tamaño es una unidad de medida lineal. Al resultado difuso obtenido se le integra el caos existente en la fotografía para la obtención de la decisión por parte de la máquina.

Considerando que la teoría es muy específica para casos de decisiones binarias, se obtuvo un resultado aceptable en la primera implementación, por cuanto no fue necesario mejorar el algoritmo difuso.

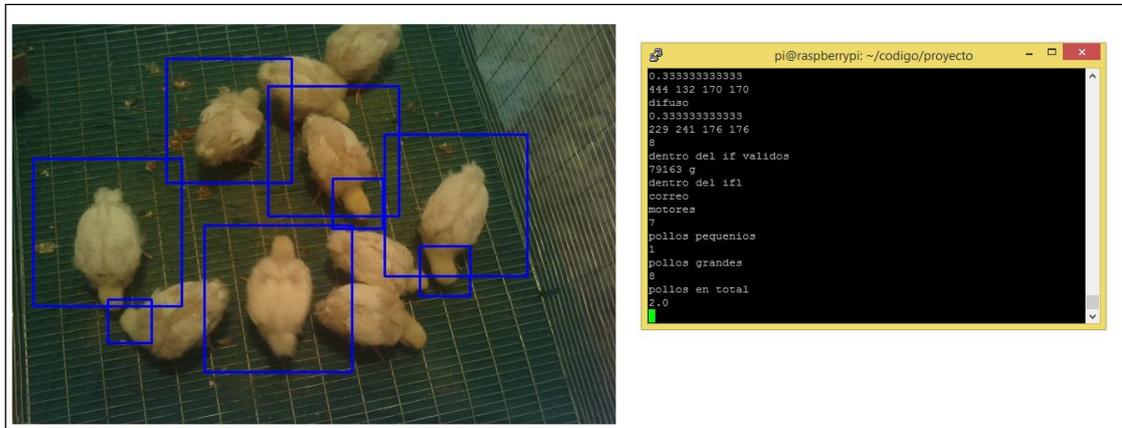
Una de las principales ideas de la implementación de la lógica difusa fue que el control tome una decisión adecuada en el momento de abastecer los insumos por lo que la presencia o no del pollos es una de la funciones de la lógica difusa.



**Figura 3-4:** Decisión de que elemento es un pollo  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando; 2018

El la figura 3-4, podemos observar que la primera función de la lógica difusa esta funcionando de forma adecuada, ya que ante la presencia de una botella que de alguna manera tiene un número

de pixeles considerable como para ser tomado en cuenta como pollo no lo hace reconoce exclusivamente al ave.



**Figura 4-4:** Conteo de aves en función de su tamaño  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando; 2018

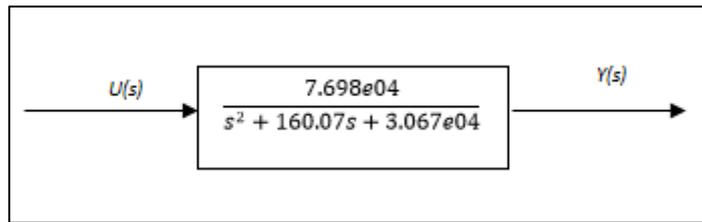
En la figura 4-4 se puede visualizar el conteo de aves en función de su tamaño en este caso se tiene 7 pollos pequeños y un pollo grande, sin embargo como se puede apreciar hay un ave que no tiene cabeza por lo que el sistema no lo reconoce para el cálculo de alimento.

Hay que tomar en cuenta para la comprobación de la función conteo de aves se introdujo a propósito un pollo grande, sin embargo en la crianza habitual en galpones avícolas solo se crían pollos pequeños o grandes pero no juntos.

#### 4.1.3 *Resultados del sistema de control*

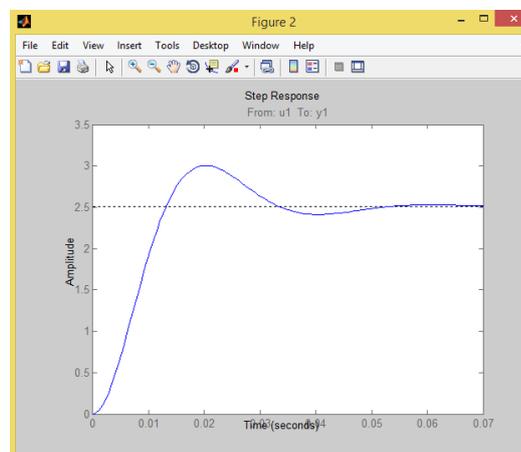
Como un punto extra a la investigación y a la vez demostrativa sobre la respuesta al sistema, se realizó la medición tanto para valores de entrada como los valores de salida del controlador difuso, con el fin de demostrar la respuesta que está teniendo el sistema de esta manera se obtuvo la función de transferencia del sistema con la ayuda de la herramienta Matlab.

Considerando que el sistema al final del proceso tiene como como respuesta la posición (ángulo) la función de transferencia obtenida de la planta está de la siguiente manera.



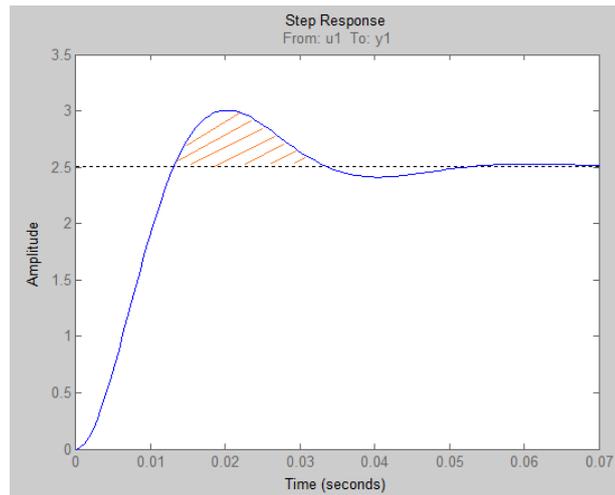
**Figura 5-4:** Función de transferencia del sistema  
**Realizado por:** Sanchez, Rolando, 2018

Sabiendo que  $U(s)$  es la señal que envía el microprocesador sobre la presencia o no de pollos envía la cantidad necesaria de PWM al servomotor de esta manera se transforma a posición para el abastecimiento de insumos, la función de transferencia en función de estos parámetros me arroja una gráfica como se indica en la siguiente figura.



**Figura 6-4:** Respuesta del sistema  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Realizando el análisis de respuesta se tiene que el sistema tiene un exceso de radio de 0,6 en amplitud en un tiempo de reposo de 0,022 segundos.



**Figura 7-4:** Exceso de radio en el sistema  
**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Por lo que la curva de control es estable tal que el radio de exceso no es tan alto y además que el tiempo que dura este sobre impulso es de 0,02 segundos.

#### 4.2 Resultados en el ambiente automatizado seccionado

Como se mencionó anteriormente, se tienen 2 casos, el ambiente de pruebas con aves pequeñas y el ambiente de pruebas con aves grandes, en las cuales se obtuvieron los siguientes resultados en el ambiente de pruebas preparado de manera similar para cada uno pero con 1 semana de diferencia.

En el primer caso y como lo sugiere el manual práctico para crianza de pollos, se debe alimentar a un pollo con 2kg de alimento que se convertirán en 1kg de carne en el pollo en promedio.

Particularmente, para pollos pequeños se establece que se debe alimentar al pollo 6 veces al día con una porción de 130 gramos en cada una por cada pollo pequeño existente y considerando que las contenedores de alimento soportan 5kg cada una y que el caudal de la válvula de alimento pequeño maneja un total de 146 gramos por segundo se tienen los siguientes datos promediados de todos los experimentos diarios realizados, el experimento inició el día lunes a las 06:00 y concluyó sin inconvenientes, dado que existió un flujo de energía constante.

**Tabla 1- 4:** Resultado de experimentación pollos pequeños

<b>Hora</b>	<b>Cantidad de Pollos</b>	<b>Caudal(gr/s)</b>	<b>Estimados (gramos)</b>	<b>Entregado (gramos)</b>	<b>Tiempo Abierto</b>
06:00	10	146	1300	1352,9	8,9 segundos
10:00	10	146	1300	1301,4	8,9 segundos
14:00	10	146	1300	1307,26	8,9 segundos
18:00	10	146	1300	1302,13	8,9 segundos
22:0	10	146	1300	1308,16	8,9 segundos
02:00	10	146	1300	1320,63	8,9 segundos

**Elaborado por:** Sánchez, Rolando, 2018

En la tabla 1-4, se pueden apreciar los datos obtenidos en la experimentación en pollos pequeños para lo cual se obtuvo una media para la semana de 7892.48 gramos.

La guía de crianza de aves, menciona que a partir del inicio de la cuarta semana se debe utilizar alimento grueso para las aves, por cuanto de igual manera se inicia el experimento el día lunes, en este caso a las 08:00 dado que se toman las 2 horas entre la finalización del experimento anterior y el inicio de este para el desalojo e instalación de los nuevos pollos, no se modifica ningún dato del sistema de control dado que este se adaptará automáticamente a las nuevas condiciones.

De igual manera, en promedio de la semana se tienen los siguientes datos, considerando que en esta semana cada ave necesita 3 raciones de 900 gramos cada una.

**Tabla 2-4:** Consumo semanal de raciones

<b>Hora</b>	<b>Cantidad de Pollos</b>	<b>Caudal(gr/s)</b>	<b>Estimados (gramos)</b>	<b>Entregado (gramos)</b>	<b>Tiempo Abierto</b>
08:00	10	158	9000	9057.13	56,96 segundos
16:00	10	158	9000	9016.16	56,96 segundos
24:00	10	158	9000	9007,46	56,96 segundos

**Elaborado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Los valores arrojados en el experimento por día dan un promedio de 27080,75 gramos de alimento. Al igual que en el caso anterior, se mantiene lleno el reservorio antes de cada intento para garantizar la homogeneidad del experimento.

La tabla con las especificaciones de alimentación sugeridas se adjuntan en el ANEXO B., en cuanto al agua, en el mismo manual se especifica que en promedio el agua se consume entre 1.6 y 2.0 veces el alimento en cada fase del pollo, por cuanto se toma el promedio para establecerlo en la configuración, teniendo como cantidad requerida para pollos pequeños 234 gramos y para pollos grandes 1620 gramos en las semanas correspondientes de experimentos, considerando que la válvula del agua tiene un caudal de 26 gramos por segundo se tienen al igual que en el caso del grano los siguientes valores.

**Tabla 3-4:** Consumo semanal de agua para pollos pequeños

<b>Hora</b>	<b>Cantidad de Pollos</b>	<b>Caudal(gr/s)</b>	<b>Estimados (gramos)</b>	<b>Entregado (gramos)</b>	<b>Tiempo Abierto</b>
06:00	10	26	2340	2297,53	90 segundos
10:00	10	26	2340	2343,73	90 segundos
14:00	10	26	2340	2342,86	90 segundos
18:00	10	26	2340	2348,26	90 segundos
22:0	10	26	2340	2347,43	90 segundos
02:00	10	26	2340	2339	90 segundos

**Elaborado por:** Sánchez, Rolando, 2018

El agua abastecida en la primera semana fue de 14018,81 gramos de agua por cada día en promedio. Mientras que en la siguiente semana del experimento se tienen los siguientes valores.

**Tabla 4-4:** Consumo semanal de agua

<b>Hora</b>	<b>Cantidad de Pollos</b>	<b>Caudal(gr/s)</b>	<b>Estimados (gramos)</b>	<b>Entregado (gramos)</b>	<b>Tiempo Abierto</b>
8:00	10	26	16200	16215,46	623,1 segundos
16:00	10	26	16200	16203,96	623,1 segundos
24:00:00	10	26	16200	16204,13	623,2 segundos

**Elaborado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Como se puede apreciar en la tabla la cantidad total de agua abastecida es de 48623.55 gramos por día en promedio. Tomando en cuenta esos valores, se tiene que siempre se entrega una cantidad adicional de alimento a los pollos en relación a la estimada, dado que en la válvula influye la posición de cada uno de los granos de comida y que el cálculo del caudal establecido corresponde al promedio de resultados obtenidos en la calibración.

El análisis realizado en función de los datos obtenidos por la experimentación y los valores estimados para la crianza de pollos (ANEXO G.) fue mediante el estudio probabilístico nivel de confianza entre los datos tomados, considerando que el margen de error es el valor límite en el cual se debe encontrar mis datos para la medición del universo cuyos datos son una media o una proporción.

Definido el margen de error podemos dar como resultado un nivel de confianza que según estudios realizados por (Ochoa, 2011) el margen de error en estos análisis es de +/- 5% con un nivel de confianza del 95 %. Por cuanto el desperdicio de cada experimento se puede definir por el promedio en cada uno de los experimentos.

**Tabla 5-4:** Análisis de abastecimiento de alimento en el experimento

Experimento	Estimada(gr)	Entregada(gr)	Diferencia(gr)	Porcentaje
Comida Pequeño	7800	7892.48	-1,172	1.199%
Comida Grande	27000	27080,75	-0,298	0.299%
Agua Pequeño	14040	14018,81	0,151	0.150%
Agua Grande	48600	48623,55	-0,048	0.0485%

**Elaborado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Tomando en cuenta esta teoría se tiene que los análisis que están realizando para los valores de desperdicio son de tipo probabilísticos con un margen de error del 1,36 % que al estar dentro del rango su nivel confianza es 98,64%.

### 4.3 Ambiente de implementación en el galpón avícola.

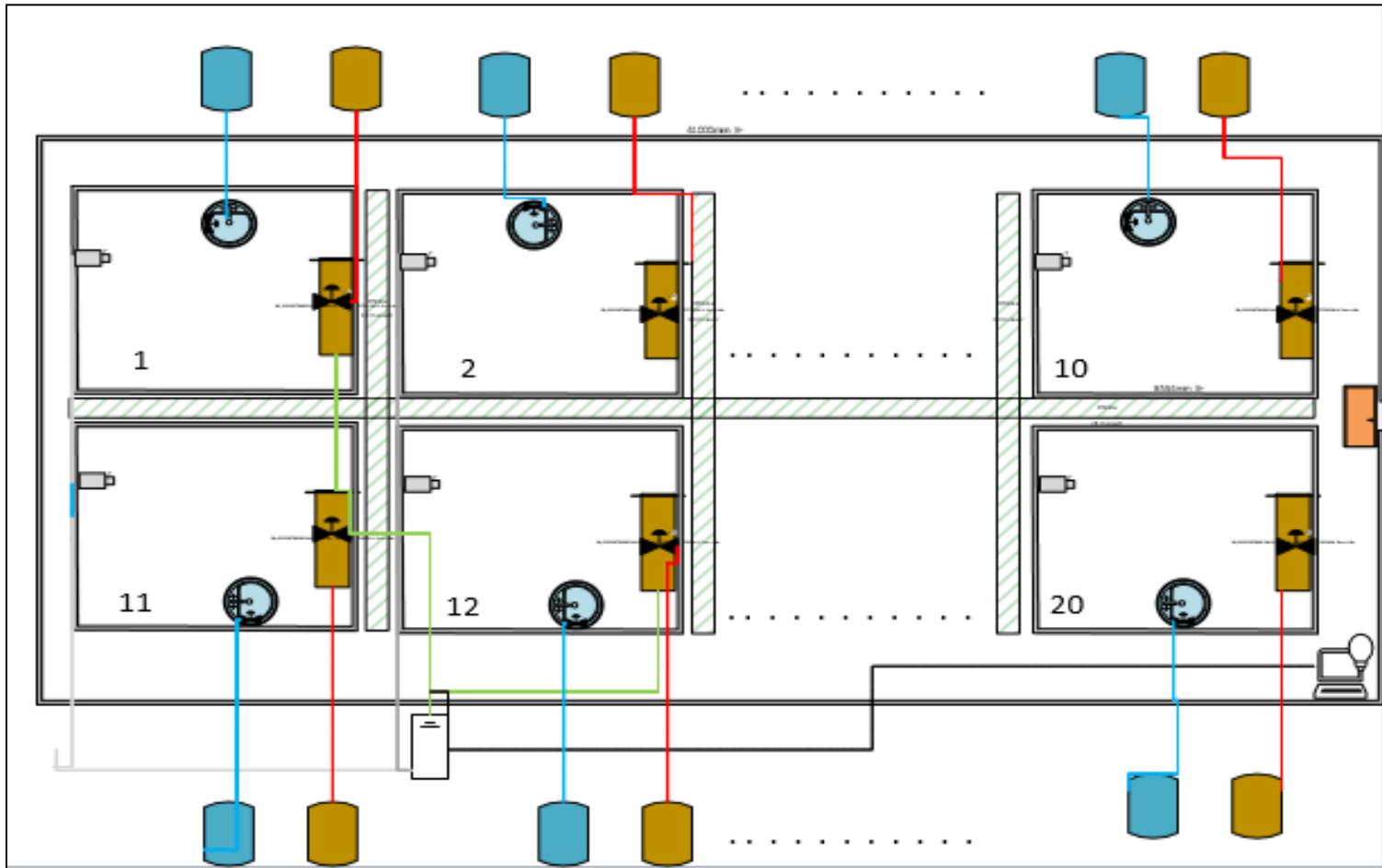
Para el seccionamiento se tomaron datos del censo de galpones en las diferentes provincias sobre el número de galpones para de esta manera tomar referencia un galpón de 200 pollos, ya que a partir de este número hasta las 500 aves son certificados como galpón.

Capacidad Total de los Galpones en la Granja	Total Granjas	Número de Ciclos Productivos Anuales de la Granja					
		Granjas con UN Ciclo	Granjas con DOS Ciclos	Granjas con TRES Ciclos	Granjas con CUATRO Ciclos	Granjas con CINCO Ciclos	Granjas con MÁS de CINCO Ciclos
DE TODAS LAS CAPACIDADES	80.09%	80.00%	57.52%	49.39%	68.57%	85.27%	86.99%
Hasta 500 aves	65.54%		70.19%	57.50%	59.15%	90.97%	37.36%
De 501 a 1.000 aves	56.42%	80.00%	38.18%	42.28%	60.61%	83.65%	40.24%
De 1.001 a 2.000 aves	59.41%		72.35%	59.51%	62.45%	54.54%	53.65%
De 2.001 a 5.000 aves	62.64%		66.00%	67.65%	63.82%	54.83%	60.14%
De 5.001 a 10.000 aves	60.32%		60.89%	51.34%	63.82%	60.96%	52.03%
De 10.001 a 20.000 aves	66.61%		50.71%	53.51%	67.47%	76.16%	65.72%
De 20.001 a 50.000 aves	73.91%			35.81%	72.89%	80.18%	70.60%
Más de 50.001	86.05%			43.08%	68.94%	88.11%	90.43%

**Figura 8-4:** Clasificación de galpones según el número de pollos

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2018

Como se mencionó anteriormente se toma en cuenta un galpón de 200 aves, cuyo espacio tiene una dimensión de 20 m<sup>2</sup> de esta forma se tiene una implementación como se indica en la siguiente figura 8-4.



**Figura 9-4:** Segmentación ideal de un galpón para la implementación  
**Realizado por:** Sánchez; Rolando, 2018

Los precios que involucran este tipo de implementación para el montaje del controlador de insumos están detallados a continuación.

**Tabla 6-4:** Costos en la aplicación del galpón seccionado

UNIDAD	ELEMENTO	VALOR unid (\$)	VALOR TOTAL
5	Raspberry Pi	67,5	337,5
1	Laptop	450	450
60	Servomotores	4,5	270
20	Cámara pi	15	300
20	Cable de red	2	40
20	Cableado de conexión	0,3	6
5	ROUTER	30	150
80	Malla	1,3	104
20	Recipiente para agua	5	100
20	Soporte	2	40
40	Sensores de peso 5Kg	14,5	580
20	Comedero	4,2	84
20	Bebederos	2,5	50
Total			2511,5

**Fuente:** ANEXO I.

Como se puede observar al seccionar un galpón de 200 pollos para la implementación del sistema de control de abastecimiento de insumos es de 2511,50 dólares.

#### 4.4 Reconocimiento en un ambiente sin seccionar

Tomando en cuenta los datos definidos en el punto 4,2 sobre la capacidad de galpones el análisis se determinó de la misma manera para un valor mínimo permisible según AGROCALIDAD, para este fin se utilizó el reconocimiento de fotografías de galpones en condiciones reales de funcionamiento sin seccionamiento del área.

Los resultados de la visión artificial en este ambiente no fueron satisfactorios ya que a más número de pollos el sistema tiene un bajo porcentaje de precisión.



**Figura 10-4:** Reconocimiento de pollos en imágenes de galpones  
**Realizado por:** Sanchez, Rolando, 2018

Como se puede observar el reconocimiento es exclusivamente para una franja de pollos, por lo que las otras experimentaciones se realizaron por de aproximadamente 50 pollos para observar el funcionamiento de la visión artificial.



**Figura 11-4:** Comparación entre un ambiente seccionado  
**Realizado por:** Sanchez, Rolando, 2018

Como se puede observar el reconocimiento es mejor al tener un número de pollos pequeños por lo que para la toma de información se consideró un galpón de 200 pollos, tomando en cuenta los parámetros de la figura 7-4 y 8-4 se procedió a tomar las fotos exclusivamente en densidades de 50 cuyos resultados en sistema de control es el siguiente.

**Tabla 7-4:** Experimentación de aves pequeñas en el galpón

Total	Reconocimiento	cantidad estimada	Cantidad total	tiempo gr/s
50	29	3770	3814,70	25,8
50	14	1820	1841,58	12,5
50	18	2340	2367,74	16,0
50	23	2990	3025,45	20,5
50	15	1950	1973,12	13,4
50	23	2990	3025,45	20,5
50	29	3770	3814,70	25,8
50	28	3640	3683,16	24,9
50	19	2470	2499,29	16,9
50	26	3380	3420,07	23,1
50	13	1690	1710,04	11,6
50	21	2730	2762,37	18,7
50	19	2470	2499,29	16,9
50	28	3640	3683,16	24,9
50	28	3640	3683,16	24,9
50	15	1950	1973,12	13,4
50	24	3120	3156,99	21,4
50	19	2470	2499,29	16,9
50	21	2730	2762,37	18,7
50	20	2600	2630,83	17,8
1000	432,00	56160,00	56825,86	

**Realizado por:** Sanchez, Quispe; 2018

La experimentación se tuvo que en el reconocimiento de aves hay una diferencia de 568 pollos lo que representa un 56,8 % y un 43,2% de precisión. De esta manera se realizó la estimación de alimento considerando que son pollos pequeños cuya alimentación es de 130 g. Se tiene que en función de los tiempos de apertura de la válvula en cada proceso se estimó el total de abastecimiento para los pollos reconocidos, teniendo un sobre abastecimiento de 665,86gramos.

De la misma manera se realizó la estimación de alimento en base a las fotografías adquiridas de galpones reales con lo que se obtiene los siguientes datos.

**Tabla 8-4:** Experimentación con pollos grandes.

Total	Reconocimiento	Cantidad estimada	Cantidad total	tiempo gr/s
50	15	13500	13540,38	85,44
50	20	18000	18053,83	113,92
50	14	12600	12637,68	79,744
50	13	11700	11734,99	74,048
50	18	16200	16248,45	102,528
50	22	19800	19859,22	125,312
50	23	20700	20761,91	131,008
50	24	21600	21664,60	136,704
50	23	20700	20761,91	131,008
50	19	17100	17151,14	108,224
50	20	18000	18053,83	113,92
50	21	18900	18956,53	119,616
50	15	13500	13540,38	85,44
50	16	14400	14443,07	91,136
50	24	21600	21664,60	136,704
50	12	10800	10832,30	68,352
50	12	10800	10832,30	68,352
50	8	7200	7221,53	45,568
50	20	18000	18053,83	113,92
50	26	23400	23469,98	148,096
1000,00	365,00	328500,00	329482,46	2079,04

**Realizado por:** Sanchez, Rolando; 2018

Para este caso se obtiene un error del 65,4 % en el reconocimiento y conteo de pollos por el sistema lo que representa una precisión de tan solo 34,6% y un sobre abastecimiento de 654 g. en base a los pollos en base a la estimación de los tiempos de apertura de la válvula de abastecimiento por número de pollos contados por el sistema de control.

En lo referente a costos el sistema de abastecimiento de insumos en un ambiente sin seccionar es más costoso ya que hay sustituir los elementos, de tal manera se tiene los siguientes elementos con los costos que representan cada uno de los mismos.

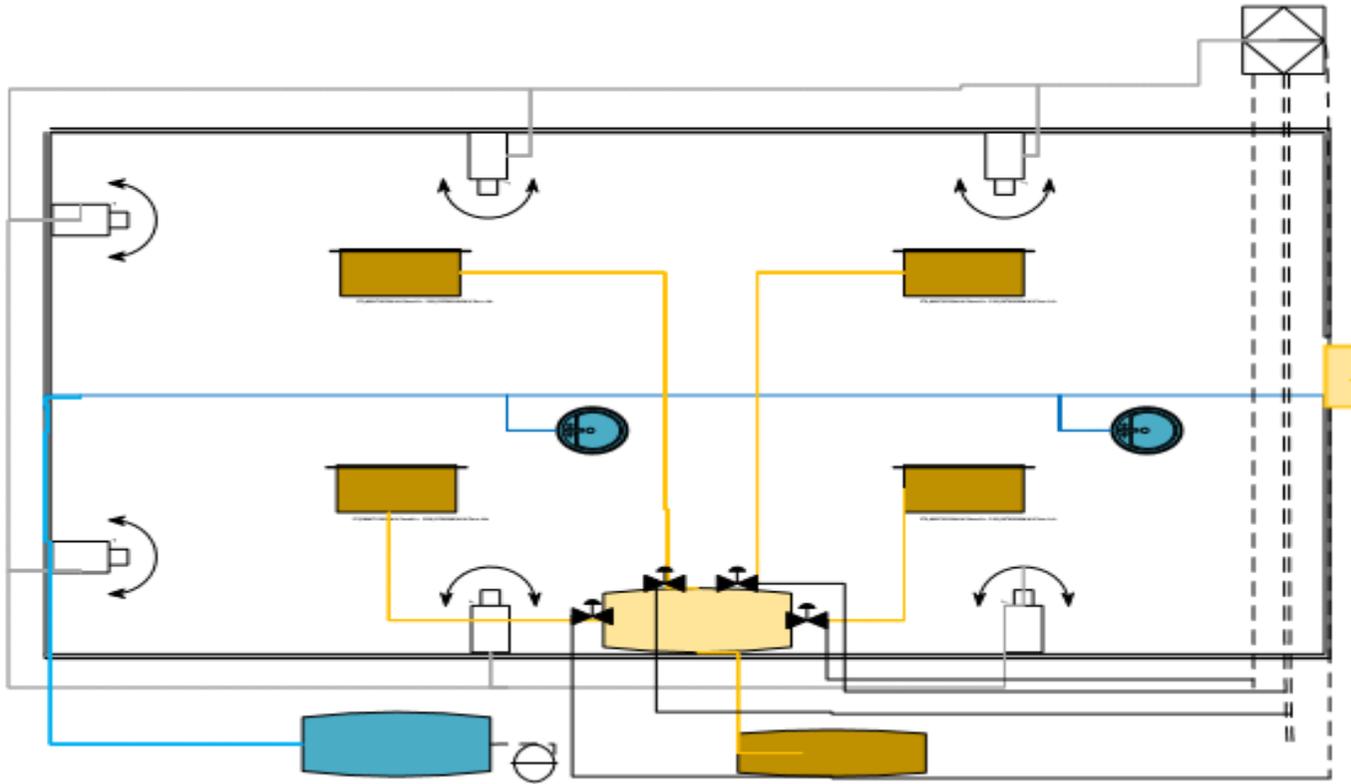
**Tabla 9-4:** Costos de implementación en un entorno si seccionar.

UNIDAD	ELEMENTO	VALOR unid (\$)	VALOR TOTAL(\$)
1	PLC Siemens LOGO 8	250	250
1	Módulo PLC	200	200
1	Compresor	100	100
1	Laptop	800	800
4	Pistones de simple efecto	60	240
4	Válvulas de caudal	60	240
6	Cámara hd Microsoft Lifecam	95	570
20	Cable de Ethernet	2	40
20	Cableado de conexión	1,5	30
1	Cisterna 1200Lt Plastigama	151,79	151,79
1	Tolva 2,7 Toneladas	700	700
6	Electroválvula Serie 21.000 Weathermatic	159,73	958,35
6	Soporte de cámaras	10	60
2	Sensores de nivel de agua modelo M5600	100	200
4	Comedero ESTRA 12Kg	6,75	27
6	Bebedero ESTRA 6Lt	6	36
1	Materiales para instalación de tuberías	203,32	203,32
6	Tubo PVC 2 pulgadas	3,12	18,72
1	Tubo PVC 1 pulgada	14,29	14,29
Total			4839,47

**Realizado por:** Sanchez, Rolando; 2018

Como se mencionó el costo cambia radicalmente por lo que un ambiente sin seccionar tiene un costo de 4839,47 dólares para un galpón de 200 pollos.

Al mencionar este cambio de elementos también cambiara la forma de distribución en lo que corresponde a comederos y bebederos por lo que el diseño equivalente de la planta con un sistema de control de abastecimiento de insumos alimentarios mediante el reconocimiento de patrones seria el que se indica en la siguiente figura.



**Figura 12-4:** Implementación del sistema en un ambiente sin seccionar  
**Realizado por:** Sánchez; Rolando, 2018

## 4.5 Discusiones

### 4.5.1 Análisis comparativo de las dos alternativas

Uno de los beneficios que se gana al seccionar la planta es que los pollos tendrán mayor oportunidad de alimentarse ya que la aglomeración será menor comparada a los 200 pollos que se encuentran en el galpón, es por el mismo motivo que AGROCALIDAD sugiere los 10 pollos por metro cuadrado.

Teniendo en cuenta la información tanto del entorno seccionado como en los galpones (entorno no seccionado), se realizó una comparación entre ellos, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 10-4:** Comparación de reconocimiento de patrones

<b>Parámetro</b>	<b>Ambiente seccionado</b>	<b>Galpones</b>
Número de experimentos	20	20
Número de reconocimientos de pollos pequeños	180 pollos	432 pollos
Número de reconocimientos pollos grandes	185 pollos	346 pollos
Pollos pequeños no reconocidos	20 pollos	568 pollos
Pollos grandes no reconocidos	15 pollos	654 pollos
Porcentaje de detección pequeños	90%	43,2%
Porcentaje de detección grandes	92,5%	34,6%
Abastecimiento grandes	27080,75g	312331,32g
Abastecimiento pequeños	7892,48g	56825,86g

**Realizado por:** Sánchez, Rolando, 2018

Como se puede apreciar en la tabla 10-4, el sistema de control seccionado es más propenso a errores a mayor número de pollos, tal es el caso que si la densidad es de 10 pollos la precisión esta entre el 90% para pollos pequeños y 92 % en pollos grandes, mientras que para el entorno no seccionado a mayor número de pollos el sistema solo tiene una efectividad máxima del 43,2%.

Se puede apreciar que referente al abastecimiento el sistema actúa normalmente, tomando en cuenta que lo hace solamente para el número de individuos que reconoce tanto en el ambiente seccionado como en el ambiente sin seccionar.

Tomando en cuenta los datos de las tablas 6-4 y 9-4 se realiza una comparación en los precios para la implementación del controlador de abastecimientos de insumos en los ambientes mencionados por lo que se obtiene que mediante el seccionamiento se tiene un menor costo económico de \$ 2327,97 dólares.

De tal manera por lo expuesto en la tabla 10-4, y considerando que el punto más conflictivo en el correcto funcionamiento del sistema es el reconocimiento de patrones se deberían tomar los siguientes parámetros para una implementación del sistema en un galpón avícola

#### **4.5.2 Hardware**

La cámara para la toma de imágenes tiene que ser de una alta resolución, por lo que al galpón se le debe seccionar para que cada grupo de aves sea monitoreado de mejor manera como se pudo apreciar en la tabla 7-4 en la cual me indica a menor número de aves mejor es el reconocimiento.

Sin embargo unas de las mejores alternativas para la implementación sin el ambiente seccionado es la utilización de un PLC ya que los elementos a alimentar y controlar necesitaran mayor alimentación y una mejor señal de procesamiento, sin embargo esto ya ingresa a gastos adicionales para el avicultor.

Además otro parámetro fundamental en referencia al reconocimiento de patrones es tener una buena iluminación, como se sugiere una cámara por grupo de aves en el ambiente seccionado la implementación de la luz se podría controlar de mejor manera, además sabiendo que los manuales exigen que la luz para la crianza de pollos sea de color blanco.

El ángulo de la cámara es importante para lo cual debe fijar a 45 grados, este valor se obtuvo mediante experimentaciones, de tal forma que el enfoque a este ángulo me permite obtener una mejor toma de la imagen, con el mismo principio la altura de la cámara debe ser de tal manera que no se mueva absolutamente para ningún fin, ya que si consideramos que se ajustó el sistema para una altura de 1 metro y 20 cm, su cambio de posición influye en el reconocimiento de patrones de tal manera que se ve afectado la clasificación entre pollo grande o pequeño afectando directamente al abastecimiento del alimento.

Sobre los contenedores es evidente que se deben cambiar ya que la capacidad para alimentar aumenta notablemente considerando que los sensores de peso que actualmente son de 5kg

también hay que cambiarlos, las válvulas para el abastecimiento también se deben cambiar ya el torque de un servomotor no podrá controlar grandes cantidades de insumos.

Las alternativas para el control de los insumos es utilizar electroválvulas y válvulas de control de caudal accionadas eléctricamente, además de que para los sensores de peso se les debe cambiar con sensores más especializados en ambientes industriales como son los sensores de control de nivel.

#### **4.5.3 Software**

En lo que corresponde a software se debe considerar que uno de los mejores programas para el fin de reconocimiento de patrones es Python junto con OpenCV no se tendría ninguna dificultad en el montaje del sistema en un galpón avícola para un ambiente seccionado.

Para el reconocimiento de patrones en la implementación de ambiente sin seccionar se debe cambiar ya que las sombra utilizadas en el ambiente seccionado no se adaptarían teniendo errores en la medida del número de pollos.

A más de ser un beneficio el valor económico se puede establecer que en lo que respecta a mantenimientos que se debe realizar en la planta para el ambiente seccionado es necesario simplemente la presencia de un técnico mientras que para el ambiente natural se necesitaría personal más capacitado ya que se tiene plc, electroválvulas, válvulas, conexión de tuberías y cámaras.

### **4.6 Comprobación de la hipótesis**

#### **4.6.1 Hipótesis Alternativa**

La implementación de un controlador mejora el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas, basando su funcionamiento en el reconocimiento de patrones.

#### **4.6.2 Hipótesis Nula**

La implementación de un controlador no mejora el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas, basando su funcionamiento en el reconocimiento de patrones.

#### 4.6.2.1 Reglas de decisión

**Si:**  $X_c2 > X_t2$  rechazo la  $H_0$  y **ACEPTO  $H_1$**

**Si:**  $X_c2 < X_t2$  rechazo la  $H_1$  y **ACEPTO  $H_0$**

**Donde:**

$X_c2$ = Chi Cuadrado calculado

$X_t2$ = Chi Cuadrado de la tabla

- **Nivel de significación**

$$\alpha = 0,05$$

- **Grados de libertad**

$$Gl = (f-1) (c-1)$$

$$Gl = (2-1) (4-1)$$

$$Gl = 1 * 3$$

$$Gl = 3$$

Entonces con 3 grados de libertad y a un nivel de  $\alpha = 0,05$  se obtiene el valor de la tabla de 7,8147 tal como se observa en el ANEXO F.

**Tabla 11-4:** Calculo del Chi Cuadrado

<b>FRECUENCIAS OBSERVADAS</b>	<b>FRECUENCIAS ESPERADAS</b>	<b>O - E</b>	<b>(O - E)<sup>2</sup></b>	<b>(O - E)<sup>2</sup>/E</b>
<b>O</b>	<b>E</b>			
7892,48	7800	92,48	8552,5504	1,10
27080,75	27000	80,75	6520,5625	0,24
4205,65	4212	-6,35	40,3225	0,01
14587,07	14580	7,07	49,9849	0,003
			<b>X<sup>2</sup>=</b>	<b>1,35</b>

**Elaborado por:** Hugo Rolando Sánchez Quispe

Por lo tanto luego de realizado el cálculo correspondiente se observa que al computar el chi cuadrado se obtiene un valor de 1,35. Al momento de tomar la decisión adecuada, se realiza el análisis de las reglas mencionadas anteriormente, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, ya que los datos se ajustan a la distribución teórica por lo tanto se establece que las diferencias observadas no son estadística significativas.

De tal manera la investigación presente no involucra directamente a la cantidad de alimento, si no a la estimación adecuada por número de pollo en el galpón a tiempos exactos como sugieren manuales de crianza y AGROCALIDAD.

## CONCLUSIONES

- Se puede usar un controlador utilizando lógica difusa para el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas.
- Se determina que al utilizar un controlador basado en reconocimiento de patrones para el abastecimiento de insumos, no es necesario la presencia constante del trabajador con las aves, calculando automáticamente la cantidad exacta de alimento para el número de pollos reconocido por el sistema.
- En base al estudio realizado sobre los algoritmos de reconocimiento de patrones se define que el algoritmo de Viola-Jones junto con SURF son los ideales para el funcionamiento del sistema ya que su bajo coste computacional y su buen tiempo de respuesta se ajustan al software y hardware utilizados para la presente investigación.
- Se tuvo como resultado que el entorno adecuado para la implementación del controlador basado en reconocimiento de patrones tiene que realizarse mediante un seccionamiento de un metro cuadrado, con la finalidad que la cámara del sistema pueda capturar una buena imagen para que el sistema realice el abastecimiento de insumos alimentarios.
- Se concluye que en base a los fundamentos; del espacio, la altura y la disposición de la cámara para la toma de imágenes debe ser constante ya que si variamos la posición o la altura el reconocimiento no será el óptimo perjudicando totalmente el sistema de control para el abastecimiento de insumos.
- La iluminación es un punto fundamental para el controlador de insumos, ya que está basado en el reconocimiento de patrones, por lo que ambientes cerrados como el galpón avícola es necesario utilizar una cámara de mejor resolución para evitar el inconveniente de la luz considerando que el reconocimiento se basa en el análisis de sombras.
- El resultado al utilizar la teoría de lógica difusa para una toma de decisiones permite que el sistema determine la presencia o no de aves de esta manera también los clasifica dependiendo del número de píxeles en grandes o pequeños para el posterior abastecimiento de insumos alimentarios.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la lógica difusa para el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas ya que se obtienen resultados favorables en el reconocimiento de patrones.
- En base a la investigación del diseño e implementación de un controlador mediante reconocimiento de patrones para el abastecimiento de insumos alimentarios en galpones avícolas, se sugiere cambiar el patrón para el reconocimiento de patrones ya que las sombras que se está utilizando ayudan solamente para ambientes seccionados de 10 pollos por metro cuadrado.
- Se sugiere a los investigadores orientados al caso de estudio, a realizar un estudio más profundo sobre los algoritmos que se podrían utilizar para el reconocimiento de patrones en pollos, para de alguna manera mejorar este parámetro y evitar un seccionamiento del galpón en espacios de un metro cuadrado.
- Utilizar una cámara de mejor calidad o con un integrado de luz blanca para poder obtener una imagen con una sola fuente de luz y que las sombras sean estándares para todo de manera que se facilite el reconocimiento de patrones.
- Incrementar las funciones de membresía de la lógica difusa como inteligencia artificial, para lograr que el sistema también tome otras decisiones a parte del tamaño de los pollos, como la calidad de la luz, determinar la cantidad requerida de grano que se tiene para para el abastecimiento en un determinado período de tiempo, y realizar las previsiones correspondientes.

## BIBLIOGRAFÍA

ABarragan. (15 de 10 de 2010). *Comite Español de Automatica*. Obtenido de <http://intranet.ceautomatica.es/og/control-inteligente/es/sistemas-de-control-inteligente>

Amalia, D. (marzo de 2007). *upc.edu*. Obtenido de <https://www.cs.upc.edu/~ Duch/home/ Duch/ analisis. pdf>

ATVS. (s.f.). *ATVS*. Obtenido de [https://atvs.ii.uam.es/files/20130717\\_PFCESlava.pdf](https://atvs.ii.uam.es/files/20130717_PFCESlava.pdf)

Carrasco, J. (2014). *Reconocimiento de patrones*. México : Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica.

Egüez, R., & Vásconez, J. (2007). Automatización del galpón de crianza avícola A-1 de pollos broilers del IASA Fase 1: Diseño, Simulación y Construcción prototipo. Quito: Escuela Politécnica del Ejército. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/541/1/T-ESPE-014807.pdf>

Erazo, D., & Salgado, V. (Junio de 2014). Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y humedad para un galpón de pollos de la Avícola La Esperanza. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

ESIDE. (s.f.). Obtenido de <http://paginaspersonales.deusto.es/jgude/Sistemas%20Lineales/Pr%20E1ctica4.pdf>

*etitudela*. (s.f.). Obtenido de <http://www.etitudela.com/célula/downloads/visionartificial.pdf>

FOUNDATION, R. P. (Abril de 2016). Obtenido de <https://www.RaspberryPi.org/products/camera-module-v2/>

Guevara, C. (2012). Reconocimiento de Patrones para identificación de Usuarios en accesos informáticos . Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Herrea, L., Medina, A., & Naranjo, G. (2004). *Tutoria de la investigacion Cientifica*. Quito: Diemerino Editores.

- Lerma, J. P. (23 de 3 de 2009). *academia.edu*.
- Matia, A. J. (1995). *Control Fuzzy: Estado actual y aplicaciones*. Buenos Aires: ADECCA.
- Nervi, P. (27 de Marzo de 2012). *El sitio avícola* . Obtenido de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2134/manejo-de-galpones-automaticos-de-ponedoras/>
- Ochoa, C. (11 de Noviembre de 2011). *netquest*. Obtenido de <https://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderno*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- panamaHITEK*. (s.f.). Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Perque, E. (30 de Agosto de 2011). Obtenido de <http://fundacionorigenchile.org/manuales/ManualAvicola.pdf>
- Piñero, P. T. (s.f.). *Universidad de Valencia*. Obtenido de <https://www.uv.es/asepuma/X/J24C.pdf>
- Pormalar, Y. C. (28 de Mayo de 2001). *casanchi.com*. Obtenido de [http://casanchi.com/casanchi\\_2001/difusa01.htm](http://casanchi.com/casanchi_2001/difusa01.htm)
- Raspberry Pi Foundation. (01 de 03 de 2017). *Raspberry Pi Foundation*. Obtenido de [https://www.Raspberry Pi.org](https://www.RaspberryPi.org)
- Raspberry Pi*. (s.f.). Obtenido de [https://www.Raspberry Pi-spy.co.uk/2012/06/simple-guide-to-the-rpi-gpio-header-and-pins/](https://www.RaspberryPi-spy.co.uk/2012/06/simple-guide-to-the-rpi-gpio-header-and-pins/)
- Renteria. (2007). *Manual práctico del pollo de engorde* . Valle del Cauca.
- Reynaga, N. (2014). *Crianza, producción y comercialización de pollos de engorde*. Lima: Macro.

Reynaga, R., & Mayta, W. (2009). Introducción al reconocimiento de patrones . *Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia* .

Seijas, L. M. (2011). Reconocimiento de Patrones utilizando técnicas estadísticas y conexionistas aplicadas a la clasificación de dígitos manuscritos . Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.

SHEET, D. (s.f.). *SERVOMOTOR SG 90* .

Universidad de Cádiz. (s.f.). *Comenzando con Arduino*. Obtenido de [http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad\\_Innovacion/Innovacion\\_Docente/ANEXOS\\_2011\\_2012/22232441\\_310201212102.pdf](http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Innovacion_Docente/ANEXOS_2011_2012/22232441_310201212102.pdf)

Viola, P., & Jones, M. (2005). *CALTECH*. Obtenido de <https://www.vision.caltech.edu/html-files/EE148-2005-Spring/pprs/viola04ijcv.pdf>

Zambrano, A. (2012). Avicultura en el Ecuador . *El Agro* .

## ANEXOS

### ANEXO A. ARCHIVO DE CONFIGURACIONES

```
GNU nano 2.5.3      Archivo: /usr/share/config/config
delay 7200
user rolando
pass rolando
caudal1 146
caudal2 158
caudala 26
correo rolando.sanchez.17@outlook.com
```

```
[ 7 líneas escritas ]
^G Ver ayuda  ^O Guardar   ^W Buscar     ^K Cortar Tex ^J Justificar ^C Posición
^X Salir      ^R Leer fich.^_ Reemplazar  ^U Pegar txt  ^T Ortografía ^_ Ir a línea
```

```
GNU nano 2.5.3      Archivo: /usr/share/config/config
delay 28800
user rolando
pass rolando
caudal1 146
caudal2 158
caudala 26
correo rolando.sanchez.17@outlook.com
```

```
[ 7 líneas escritas ]
^G Ver ayuda  ^O Guardar   ^W Buscar     ^K Cortar Tex ^J Justificar ^C Posición
^X Salir      ^R Leer fich.^_ Reemplazar  ^U Pegar txt  ^T Ortografía ^_ Ir a línea
```

**ANEXO B. TABLA DE ALIMENTACIÓN SUGERIDA****CONSUMO DE ALIMENTO Y PESO – POLLO DE ENGORDE**

EDAD	UNIDAD	GRAMOS
1ª SEMANA	PESO	130
	GANANCIA DIARIA	12,8
	CONSUMO AL DIA	18 (130)*
2ª SEMANA	PESO	320
	GANANCIA DIARIA	27,14
	CONSUMO AL DIA	38 (270)
3ª SEMANA	PESO	640
	GANANCIA DIARIA	45,71
	CONSUMO AL DIA	78 (550)*
4ª SEMANA	PESO	1030
	GANANCIA DIARIA	55,71
	CONSUMO AL DIA	100 (700)*
SUMINISTRAR ALIMENTO INICIO HASTA LOS 23 DÍAS DE AHÍ ENGORDE Y BAJAR LAS CORTINAS		
5ª SEMANA	PESO	1500
	GANANCIA DIARIA	67,14
	CONSUMO AL DIA	128 (900)*
6ª SEMANA	PESO	1980
	GANANCIA DIARIA	68,57
	CONSUMO AL DIA	161(1368)*
7ª SEMANA	PESO	240
	GANANCIA DIARIA	69,6
	CONSUMO AL DIA	1951368

## ANEXO C. ARCHIVOS PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA CASCADA



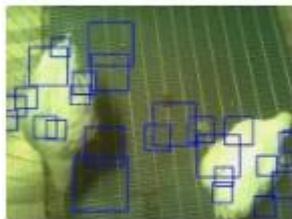
## ANEXO D. RESULTADOS DEL ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL



noreplygalpon@gmail.com

Lun 23/10/2017, 10:22

Usted; ↕



[Descargar](#) [Guardar en OneDrive](#) [Ver todas las fotos](#)

Este mensaje ha sido generado automáticamente por el sistema de control de su galpon,  
por favor no lo responda

El día '23/10/17' a las '10:22:23' se alimentan a 25 pollos, 23 grandes y 2 pequeños

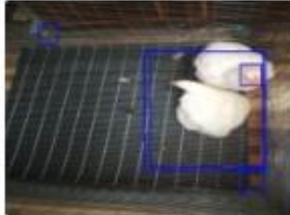
## ANEXO E. RESULTADOS DEL ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL MEJORADO



noreplygalpon@gmail.com

Lun 23/10/2017, 10:24

Usted;



[Descargar](#) [Guardar en OneDrive](#) [Ver todas las fotos](#)

Este mensaje ha sido generado automaticamente por el sistema de control de su galpon,  
por favor no lo responda  
El día '23/10/17' a las '10:24:02' se alimentan a 3 pollos, 2 grandes y 1 pequenos

ANEXO F. TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO

**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$**

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367



## ANEXO H. CÓDIGO PYTHON PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import numpy as np
import cv2
from picamera import PiCamera
from time import sleep
import archivo
from time import strftime
from email.mime.text import MIMEText
from smtplib import SMTP
from email.mime.multipart import MIMEMultipart
from email.MIMEBase import MIMEBase
from email import encoders
import logicaBorrosa
import random

def borroso(objY,posY):
    distancia = objY-posY

    centrado      =logicaBorrosa.fxTriangulo  (distancia,-20.0,0.0,20.0)
    normalA       =logicaBorrosa.fxTrapezoide (distancia,0.0,0.0,260.0,300.0)
    lejosA        =logicaBorrosa.fxGrado      (distancia,260.0,300.0)

    tmp =(centrado+normalA+lejosA)
    div = 3
    try:
        tmp /= div
    except:
        pass

    return tmp

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)

GPIO.setup(7,GPIO.OUT)
GPIO.setup(11,GPIO.OUT)

p = GPIO.PWM(7,50)
p2 = GPIO.PWM(11,50)

cascada1 = cv2.CascadeClassifier('pollo.xml')
cascada2 = cv2.CascadeClassifier('pollo1.xml')

def mover(ruta, motor):
```

```

#var contendra el resultado del calculo
with PiCamera() as camera:
sleep(1)
camera.capture('static/img/entrada.jpg')

message = MIMEMultipart()
hora = strftime("%H:%M:%S")
fecha = strftime("%d/%m/%y")
img = cv2.imread('static/img/entrada.jpg')
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
print "imagen tomada"
faces = cascada1.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
print "pollos detectados"
validos = 0
grandes = 0
peques = 0
for (x,y,w,h) in faces:
    if w >= 200 and h >= 200:
        cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),2)
        roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
        roi_color = img[y:y+h, x:x+w]

#####
print "difuso"
caos = 0.0
medidor = borroso(280,w) # Llevamos a cabo el calculo borroso
caos = (random.randrange(-5,5))/10.0
operador = bool(random.getrandbits(1))
if operador == True:
    if medidor + caos > 0:
        grandes = grandes + 1
    else:
        peques = peques + 1
else:
    if medidor - caos > 0:
        grandes = grandes + 1
    else:
        peques = peques + 1

#####

print `x` + " " + `y` + " " + `h` + " " + `w`
validos = grandes + peques
if(validos > 0):
    message.attach(MIMEText("Este mensaje ha sido generado automaticamente por el sistema de
control de su galpon, por favor no lo responda\nEl dia " + `fecha` + " a las " + `hora` + " se alimentan
a " + `validos` + " pollos, " + `grandes` + " grandes y " + `peques` + " pequenios"))

```

```

cv2.imwrite('salida.jpg',img)
else:
faces = cascada2.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
for (x,y,w,h) in faces:
    if w >= 200 and h >= 200:
        cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),2)
        roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
        roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
        #####

        caos = 0.0
        medidor = borroso(280,w) # Llevamos a cabo el calculo borroso
        caos = (random.randrange(-5,5))/10.0
        operador = bool(random.getrandbits(1))
        if operador == True:
            if medidor + caos > 0:
                grandes = grandes + 1
            else:
                peques = peques + 1
        else:
            if medidor - caos > 0:
                grandes = grandes + 1
            else:
                peques = peques + 1
        #####

        print `x` + " " + `y` + " " + `h` + " " + `w`
validos = grandes + peques
if(validos > 0):
    message.attach(MIMEText("Este mensaje ha sido generado automaticamente por el sistema
de control de su galpon, por favor no lo responda\nEl día " + `fecha` + " a las " + `hora` + " se
alimentan a " + `validos` + " pollos, " + `grandes` + " grandes y " + `peques` + " pequenios"))
    cv2.imwrite('salida.jpg',img)
    print "ninguno"
else:
    message.attach(MIMEText("Este mensaje ha sido generado automaticamente por el sistema
de control de su galpon, por favor no lo responda\nEl dia " + `fecha` + " a las " + `hora` + " el galpon
se encuentra vacio"))
    cv2.imwrite('salida.jpg',img)

cv2.imwrite('static/img/salida.jpg',img)

print validos
contador = validos
#####
print "correo"

```

```

fp = open('salida.jpg','rb')

from_address = "noreplygalpon@gmail.com"
to_address = "r_oli.1988@hotmail.com"
message["FROM"] = from_address
message["TO"] = to_address
message["Subject"] = "Informe Galpon"

adjunto = MIMEBase('multipart', 'encrypted')
adjunto.set_payload(fp.read())
fp.close()
encoders.encode_base64(adjunto)
adjunto.add_header('Content-Disposition', 'attachment', filename='soporte.jpg')
message.attach(adjunto)

serverSMTP = SMTP('smtp.gmail.com',587)
serverSMTP.ehlo()
serverSMTP.starttls()
serverSMTP.ehlo()
serverSMTP.login(from_address, "passGALPONusr2017")
serverSMTP.sendmail(from_address, to_address, message.as_string())
serverSMTP.close()
#####
try:
    if motor == 1:
        #var = tiempo abierto = (cantidad de pollos * cantidad requerida)/caudal
        cant_requerida_indi = float(archivo.Archivo.getval("regg", ruta))
        caud = float(archivo.Archivo.getval("caudal1", ruta))
        var = float(grandes * cant_requerida_indi)
        var = float(var/caud)
        print var
        p.start(7.5)
        p.ChangeDutyCycle(12.5)
        time.sleep(var)
        p.ChangeDutyCycle(2.5)
        time.sleep(var)
        p.start(0)
    if motor == 2:
        #var = tiempo abierto = (cantidad de pollos * cantidad requerida)/caudal
        cant_requerida_indi = float(archivo.Archivo.getval("reqa", ruta))
        caud = float(archivo.Archivo.getval("caudal1", ruta))
        var = float(peques * cant_requerida_indi)
        var = float(var/caud)
        print var
        p2.start(7.5)
        p2.ChangeDutyCycle(12.5)
        time.sleep(var)

```

```

p2.ChangeDutyCycle(2.5)
time.sleep(var)
p2.start(0)
if motor == 3:
    cant_requerida_indi = float(archivo.Archivo.getval("reqg", ruta))
    caud = float(archivo.Archivo.getval("caudal2", ruta))
    var = float(contador * cant_requerida_indi)
    var = float(var/caud)
    print var
    p.start(7.5)
    p.ChangeDutyCycle(12.5)
    time.sleep(var)
    p.ChangeDutyCycle(2.5)
    time.sleep(var)
    p.start(0)
if motor == 4:
    print "motores"
    #trabajo completo
    #grano grande
    #var = tiempo abierto = (cantidad de pollos * cantidad requerida)/caudal
    cant_requerida_indi = float(archivo.Archivo.getval("reqg", ruta))
    caud = float(archivo.Archivo.getval("caudal1", ruta))
    var = float(contador * cant_requerida_indi)
    var = float(var/caud)
    print var
    p.start(7.5)
    p.ChangeDutyCycle(12.5)
    time.sleep(var)
    p.ChangeDutyCycle(2.5)
    time.sleep(var)
    p.start(0)
    #grano peque
    #var = tiempo abierto = (cantidad de pollos * cantidad requerida)/caudal
    cant_requerida_indi = float(archivo.Archivo.getval("reqg", ruta))
    caud = float(archivo.Archivo.getval("caudal1", ruta))
    var = float(contador * cant_requerida_indi)
    var = float(var/caud)
    print var
    p.start(7.5)
    p.ChangeDutyCycle(12.5)
    time.sleep(var)
    p.ChangeDutyCycle(2.5)
    time.sleep(var)
    p.start(0)
    #agua
    #var = tiempo abierto = (cantidad de pollos * cantidad requerida)/caudal
    cant_requerida_indi = float(archivo.Archivo.getval("reqa", ruta))

```

```

var = float(contador * cant_requerida_indi)/float(archivo.Archivo.getval("caudal2", ruta))
print var
p2.start(7.5)
p2.ChangeDutyCycle(12.5)
time.sleep(var)
p2.ChangeDutyCycle(2.5)
time.sleep(var)
p2.start(0)
except Exception:
    p.stop()
    p2.stop()
    GPIO.cleanup()
return 0

```

**ANEXO I. PROFORMAS.**

 <b>COMERCIAL SORIA</b> <b>FERRETERÍA</b> Dir. Barrio Eloy Alfaro calle Luis A. Martínez 45-07 y Av. Olmedo Telf. (03) 2 726-054 SALCEDO - ECUADOR		Soria Villacís David Alfredo		R.U.C. 050054124800 <b>PROFORMA</b> S-001 - 001 <b>0001384</b>		
Cliente: Rolando Sanchez Dirección: Riobamba R.U.C. 0503268997 Telf. 09392893082		FECHA: DIA MES AÑO 1 04 2018				
Cant.	DESCRIPCION	P. UNIT.	V. DE VENT			
1	Tanque tipo botella 1200 ltr		15179			
9	Cables de 1"	170	390			
6	tes de 1"	179	1074			
2	accesos de tanque 1"	250	700			
2	alivieros de 1"	450	900			
10	Wafles Parishes 1"	055	550			
2	Volantes Chok 1"	1429	2850			
9	puercos 1" a 3/4	070	140			
1	tubo de 1" geom.		1429			
10	polipex grds		510			
10	reflexos de 1/2 ltr	045	450			
1	plataador de 1" con boca		1429			
2	plomos de peso 1" PVC	536	712			
3	reflexos de 1/2 ltr de 1" PVC	114.46	343.38			
6	teses 2" PVC	3.12	18.72			
4	teses de 2"	0.85	7.65			
3	teses de 2"	0.45	1.35			
2	litros de aceite award	0.90	1.80			
10	metros de manguera de agua	0.89	8.90			
12	litros de telipaga		9.80			
Tiraje del 1101 al 1700 Elaborado el 13 / 07 del 2016		SUB TOTAL		854.73		
FIRMA AUTORIZADA		TARIFA 0 %				
VALIDO HASTA	DIA MES AÑO	IVA %		78.57		
	2.01	TOTAL		733.30		



## VETERINARIA "EL CONDADO".

AV. Olmedo y Ricardo Garcés.

0987139771-2728724

01 de Abril del 2018.

### PROFORMA.

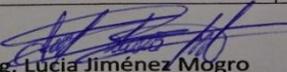
**PARA:** Rolando Sánchez.

**RUC:** 0503268997001.

**DIRECCION:** La Libertad, Santa Lucia, Salcedo

**TELEFONO:** 0939893088.

Descripción	Cantidad	Precio	Total
Pollitos BB	200	0,70	140.00
Inicia I	( 1 saco de 40 kg)	28.35	28.35
Inicial II	( 6 sacos de 40 kg)	27.50	165.00
Crecimiento	( 10 sacos de 40 kg)	27.20	272.00
Engorde	(10 sacos de 40 kg)	27.10	271.00
Vitaminas	2	3	6.00
Vacunas	4	3.5	14.00
Bebedores 3 lt	4	2.50	10.00
Bebedores manuales 6 lt.	6	6	36.00
Desinfectantes, Antibióticos	1 lt	12,50	12.50
Comederos tipo bandeja	2	6.75	13.50
Comederos tolva de plástico	4	6.75	27.00
Comederos tolva metálicos # 4	10	4.2	42.00
<b>TOTAL</b>			<b>1037.35</b>

  
Abg. Lucía Jiménez Mogro

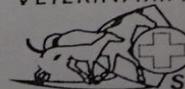
PROPIETARIA

VETERINARIA "EL COI."

R.U.C.

05031544860

Salcedo - Ec



SILVA CONDE ANGEL ALBERTO  
 - Dir.: Argentinos y García Moreno, Esquina - Riobamba - Ecuador  
 - Telf.: (03) 301 4881 • Cel.: 099 296 2640  
 • E-mail: dinelec-proyectos@hotmail.com

CLIENTE: CONSUMIDOR FINAL  
 R.U.C. / C.I.: 000000000000 TELF.: 999999999999  
 DIRECCIÓN: RIOBAMBA FECHA: 02/04/2018

CANT.	DETALLE	PREC. UNIT	TOTAL
4	LOGO 8 230RC 110/220VAC 80/400(RLY)	215.00	860.00
1	DETECTOR NIVEL CSC BOYA 10A 250V AZUL	11.61	11.61
4	CILINDRO ISO NI D25MM C50MM	59.37	237.50
4	BARRERA FOTOELÉCTRICA 90-250VAC 2A DIFUSA 50CM	25.98	103.92
4	MOD EXPANSION LOGO/ DMB 230R 110/220VAC 4DINDO/R	105.00	420.00
6	CAMARA WEB HD MICROSOFT LIVECAM	95.00	570.00
4	ELECTROVALVULA 3/2 - 1/4" MO (NC), 110 VAC	63.60	254.40
12	RAJON RECTO 1/4 Y 3/8" DE	1.71	20.52
12	SOLENOIDE DE BRONCE SINTERIZADO 1/4	2.87	22.96
8	TUBO POLIURETANO 6MM DE (AZUL)	0.85	6.80
2	ELECTROVALVULA SOLENOIDE 2/2 110V EMC 1"	200.00	400.00
VALIDEZ DE LA PROFORMA: 15 días			
OBSERVACIONES:		Sub Total	2907.71
		IVA Tarifa 0 %	0.00
		IVA Tarifa 12 %	2907.71
		Importe IVA	348.93
FIRMA AUTORIZADA		TOTAL \$	3256.64
RECIBI CONFORME			

**ANEXO J. ANÁLISIS DE CONSUMO DEL SISTEMA SECCIONADO**

Elemento	vatios	Cantidad de elementos	kw	tiempo( horas)	consumo(kwh)	costo diario(usd)	costo mensual(usd)
raspberry en reposo	1,2	5	0,06	24	1,44	0,144	4,32
raspberry en plena carga	1,8	5	0,09	2	0,18	0,018	0,54
servomotores	2,013	60	1,2078	2	2,4156	0,24156	7,2468
ordenador	1	1	0,01	24	0,24	0,024	0,72
router	8	5	0,4	24	9,6	0,96	28,8
total						1,38756	41,6268