



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL MONITOREO DE POLLOS DE  
ENGORDE EN LA GRANJA AVICOLA MASCRIOLLO.SAS DE LA CIUDAD DE  
CUCUTA**

Trabajo presentado como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en:  
Controles Industriales

Línea de Investigación:

Procesamiento de Imágenes y Señales

Pamplona, Septiembre 2018



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL MONITOREO DE POLLOS DE  
ENGORDE EN LA GRANJA AVICOLA MASCRIOLLO.SAS DE LA CIUDAD DE  
CUCUTA**

Autor:

José Luís Carrero Carrero

Director:

Luis Enrique Mendoza

Pamplona, Septiembre 2018

## CONTENIDO

LISTADO DE IMÁGENES .....	6
LISTADO DE TABLAS .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
MOTIVACIÓN.....	11
JUSTIFICACIÓN .....	12
DELIMITACIÓN.....	13
Objetivo General: .....	13
Objetivos Específicos:.....	13
GLOSARIO.....	14
RESUMEN .....	17
SUMMARY .....	18
ANTECEDENTES .....	19
CAPITULO I .....	25
MARCO TEORICO.....	25
1.1 AVICULTURA.....	26
1.1.1 La Avicultura en Colombia. ....	26
1.1.2 Razas utilizadas en la producción avícola. ....	27
1.1.3 Etapas en la producción.....	29
1.1.4 El manejo. ....	32
1.2. SISTEMA DE MONITOREO.....	34
1.2.1. Monitoreo Industrial. ....	34
1.2.2. Sistemas de Video-Monitoreo. ....	34
1.2.3. Cámaras. ....	36
1.2.4. Directrices para seleccionar una cámara. ....	38

1.2.5. Cámaras Power over Ethernet (PoE).....	40
1.3. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI).....	42
1.3.1. Algunos ejemplos de los campos de aplicación del procesamiento digital de imágenes (PDI).....	43
1.3.2. Pasos fundamentales del procesamiento digital de imágenes.....	43
1.3.3. Segmentación de imágenes.....	45
b) Erosión.....	49
CAPITULO II .....	51
METODOLOGIA.....	51
2.1. NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	52
2.2. HALLAZGOS ENCONTRADOS .....	53
2.2.1. Contextualización del escenario de investigación.....	54
b) Misión .....	54
c) Visión.....	54
d) Objetivos .....	54
2.3. INSTRUMENTACIÓN. ....	55
2.2.1. Adquisición de imágenes. ....	55
2.2.2. Sistema de alimentación PoE. ....	56
2.2.3. Dispositivo de gestión de video NVR. ....	56
2.2.4. Almacenamiento. ....	57
2.2.5. Sistema de alimentación.....	58
2.2.6. Identificación del área de estudio.....	58
2.2.7. Instalación de los equipos.....	60
2.3. ADQUISICIÓN DE DATOS .....	60
2.4. PROCESAMIENTO.....	61

2.4.1. Software de procesamiento .....	62
2.4.2. Acondicionamiento.....	62
2.4.3. Segmentación .....	64
2.5. CLASIFICACIÓN .....	66
2.6. VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	67
2.7. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	67
CAPITULO III .....	70
RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN .....	70
3.1. ÁREA DE ESTUDIO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS. ....	71
3.2. SOFTWARE Y HARDWARE DE ADQUISICIÓN Y REGISTRO IMÁGENES	73
3.3. SOFTWARE DE EXTRACCIÓN DE IMAGENES.....	75
3.4. PRE-ACONDICIONAMIENTO DE IMAGENES.....	76
3.5. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES .....	78
3.2.1. Caracterización .....	81
4.2.1. Clasificación.....	83
4.2.2. Validación de resultados.....	89
CAPITULO V .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CONCLUSIONES.....	91
COSTOS .....	96
BIBLIOGRAFÍA .....	97

## LISTADO DE IMÁGENES

Ilustración 1: Producción de carne de pollo, res y cerdo en Colombia 1961-2012	27
Ilustración 2: subespecies Cobb 500 y Ross 308.....	29
Ilustración 3: diagrama del proceso de producción del pollo de engorde.....	30
Ilustración 4: Granjas de pollo de engorde.....	31
Ilustración 5: El avicultor debe usar todos sus sentidos para monitorear el estado de las aves.....	32
Ilustración 6 - Sistema básico de video monitoreo CCTV.....	35
Ilustración 7: Sistema básico de video-monitoreo (Axis Communications).....	40
Ilustración 8 - : Diagrama de cableado de un inyector PoE pasivo y dispositivo accionado (UNIFORME, 2014).....	42
Ilustración 9 - Representación descriptiva de las distintas técnicas incidentes en el procesamiento de imágenes digitales.....	45
Ilustración 10 - Representación metodológica.....	52
Ilustración 11 - Cámara tipo domo hikvisión para exteriores.....	55
Ilustración 12 - Switch PoE TP-Link de 8 puertos.....	56
Ilustración 13 - NVR Hikvision de 8 canales con capacidad para dos discos duros.....	56
Ilustración 14 - Disco Duro Toshiba de 2TB.....	57
Ilustración 15 - UPS interactiva para la protección de sistemas CCTV.....	58
Ilustración 16 - Modelo 3D de galpón de aves de corral.....	59
Ilustración 17 - Distribución de Cámaras en el área de galpón.....	60
Ilustración 18 - Rack gabinete para DVR.....	60
Ilustración 19 - Software gestor de video hikvision.....	61
Ilustración 20 - Interfaz software gestión de video hikvisión.....	61
Ilustración 21 - Interfaz de monitoreo y seguimiento.....	62
Ilustración 22 - Visión del Espacio Objeto de Estudio.....	71
Ilustración 23 - Sistema de Captura de Imagen.....	72
Ilustración 24 - bastidor (rack).....	73

Ilustración 25 - Registro de imágenes se basa en el dispositivo NVR DS7608NIE2 de hikvisión.....	74
Ilustración 26 - Área de cubrimiento de cámara.....	74
Ilustración 27 - Programa “Free Video to JPG converter v. 5.0.101 build 201 .....	75
Ilustración 28 - Capturas con Intervalos de diez segundos .....	76
Ilustración 29 - Análisis de Imágenes.....	78
Ilustración 30 - Imagen de Contraste .....	79
Ilustración 31 - Binarización de Imagen .....	79
Ilustración 32 - Visualización de la interfaz de monitoreo.....	77
Ilustración 33 - La imagen se fracciona en pequeños recuadros de 245 x 425 pixeles. ....	77
Ilustración 34 - funciones de Matlab para Caracterización.....	78
Ilustración 35 - Análisis de cuadros agrupados por Áreas .....	80
Ilustración 36 - Conteo Aproximado de Aves .....	80
Ilustración 37 - Imagen en escala de grises del recuadro N° 7 .....	81
Ilustración 38 - Binarización de la imagen.....	82
Ilustración 39 - Realce del color de plumaje con dilatación.....	82
Ilustración 40 - Se vuelve a realizar binarización a las imágenes segmentadas...	83
Ilustración 41 - Agrupación y etiquetado de objetos en la imagen .....	84
Ilustración 42 - Visualización de áreas con más de un objeto .....	84
Ilustración 43 - Visualización de centroides en un estado anterior.....	85
Ilustración 44 - Superposición de centroides actuales y anteriores.....	86
Ilustración 45 - Representación gráfica de la variación de objetos.....	86
Ilustración 46 - Visualización de centroides en estado anterior a situación específica. ....	87
Ilustración 47 - Superposición de centroides en situación.....	88
Ilustración 48 - Representación gráfica de la variación de objetos con alta variación de la actividad. ....	88

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Pines de entrada y salida de un inyector PoE pasivo.....	41
Tabla 2 - Error presente en la muestra poblacional.....	89
Tabla 3 - Numero de muestras y respuesta del programa ante la data.....	90
Tabla 4 - Error en la detección de actividad .....	90
Tabla 5 - Tasa de error general.....	90
Tabla 6 - Tabla de Costos .....	96

## INTRODUCCIÓN

*Allí donde hay una empresa de éxito alguien tomó alguna vez una decisión valiente.*

**Peter Drucker.**

En la actualidad las empresas productoras de alimentos se han convertido en la base del progreso y desarrollo del aparato productivo del país, de allí la intención de visualizar acciones que converjan en mejorar los procesos y que conduzcan a dar estabilidad en el desarrollo de la nación y por ende se garantice bienestar y progreso social; lo que se aspira lograr con la intención de la presente investigación: Diseñar un sistema de visión artificial para identificar características anormales en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja avícola MASCRIOLLO.SAS de la ciudad de Cúcuta.

Partiendo de dicho señalamiento conviene acotar que dicho sistema de visión artificial conlleva a un cúmulo de aspectos positivos que se reflejan en la producción y crianza de las aves, lo que condujo a un establecimiento de la ingeniería del proyecto para poder determinar con cierta certeza los fenómenos que pueden suscitar en los corrales de cría lo que condujo a un seguimiento mediante grabaciones y análisis dejando entrever los momentos en que el ave requiere atención debido a situaciones de estrés que puedan afectar su libre desarrollo del comportamiento.

Por lo tanto, la investigación se estructuró bajo cuatro ejes esenciales, el primero referido a los elementos preliminares (Planteamiento y/o motivación, delimitación del mismo y algunos referentes justificables), seguidamente se presenta lo referente al marco ontológico, epistemológico y gnoseológico que conduce a establecer el marco teórico de la investigación desde los antecedentes históricos y los antecedentes investigativos hasta llegar a la fundamentación teórica y luego a las bases legales.

Luego se hace presente lo concerniente a la parte metodológica donde se plantea la naturaleza de la investigación, acompañado del paradigma y método de intervención que en este caso se enmarca en el paradigma cuantitativo bajo los preceptos estadísticos de las medidas de tendencia central y de algunas inferencias que son necesarios a partir de las grabaciones realizadas. Es significativo señalar que los elementos anteriores se complementan con la hipótesis de investigación, la operacionalización de variables, la credibilidad y validez, como las técnicas e instrumentos de recolección de información y las técnicas y procedimientos para el análisis de datos.

El cuarto eje se centra en los resultados obtenidos después de la aplicación del sistema con la intención de validar los resultados que se pretenden alcanzan definidos en los objetivos que forman parte de la delimitación del trabajo teniendo presente que la motivación de la investigación se centra en formular la siguiente interrogante: ¿ Cuáles son las características anormales que se pueden identificar en los corrales de cría en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja avícola MASCRIOLO.SAS de la ciudad de Cúcuta usando visión artificial? En efecto, las respuestas pueden ser múltiples, sin embargo, la idea es diseñar un sistema basado en tratamiento de imágenes que permita identificar todos estos factores y garantice desarrollo y progreso para le empresa en estudio.

## MOTIVACIÓN

La producción avícola en los últimos tiempos posee un auge en cuanto a desarrollo y progresos de la sociedad; diferentes empresas han aumentados los índices de producción gracias a la demanda de los productos. De allí, el afán por buscar nuevas maneras que contribuyan a una buena producción y por ende a mejorar la calidad de los productos; razón que condujo a preguntarse ¿Cuáles son las características anormales que pueden surgir en los corrales de cría en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja avícola MASCRIOLLO.SAS de la ciudad de Cúcuta.

En efecto, las respuestas que pueden surgir son múltiples y se evidencia que la orientación que se le puede dar al proyecto va a depender de los intereses en este caso del investigador y de la empresa que es objeto de estudio; por lo tanto, se plantea: Diseñar un sistema de visión artificial para identificar características anormales en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja Avícola MASCRIOLLO.SAS de la ciudad de Cúcuta. Sin duda alguna el sistema permitirá un aumento en la calidad de los productos y en la cantidad de la producción.

Así mismo, es significativo mencionar que la implementación del sistema de visión artificial conduce a tener en consideración otros elementos que confluyen bajar los activos de inversión, al igual que el riesgo de pérdida de alimentación también es bajo como lo correspondiente a la hidratación, entre otros. Lo anterior deja evidenciar que este sistema comprende efectos primarios y secundarios que son favorables para la producción de pollos de engorde; inclusive las variables que surgen pueden verse reflejadas en el tiempo para la producción óptima de los productos a un buen peso, lo cual contribuye a que la empresa alcance buenas ganancias y por ende se logre dar estabilidad a quienes trabajan en la empresa, ya que la calidad de los productos va a permitir que exista demanda e inclinación por ese tipo de producto lo cual permite que las exigencias comerciales conduzcan a una exigencia a cubrir en la sociedad.

## JUSTIFICACIÓN

Las características propias de un alimento de calidad se perciben en su olor, color y consistencia. Pero para adquirir estas propiedades en el caso de la carne del pollo intervienen muchos factores, algunos de ellos son un buen alimento, genética adecuada y un entorno ambiental propicio. Teniendo en cuenta esta última premisa se identifica la necesidad de implementar una herramienta que permita garantizar estas necesidades básicas y generar las notificaciones que permitan realizar los correctivos apropiados, el desarrollo de una herramienta basada en visión artificial otorga a los criadores la disponibilidad de realizar un monitoreo constante para garantizar que las aves no se encuentran sometidas a situaciones de estrés por periodos largos de tiempo.

El estado colombiano ha venido incentivando considerar el bienestar y dejar a un lado antiguas prácticas que se basaban en el maltrato animal. El ministerio de Agricultura dio a conocer el nuevo decreto (Decreto 2113, 2017) que establece toda la normatividad en relación con el bienestar animal. En este texto se recomiendan las cinco libertades de los animales: que no sufran de hambre, sed o desnutrición; libres de miedos y angustias; libres de incomodidades físicas o térmicas; libres de dolor, lesión o enfermedades; y libres para expresar las pautas propias del comportamiento (CONtextoganadero, 2018).

## DELIMITACIÓN

### **Objetivo General:**

Diseñar un sistema de visión artificial para identificar características anormales en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja avícola MASCRIOLO.SAS de la ciudad de Cúcuta.

### **Objetivos Específicos:**

- Implementar un sistema de monitoreo continuo basado en captura de imágenes que enmarque el área específica de estudio.
- Recolectar los datos e Identificar fallos que alteren el comportamiento de las aves.
- Sistematizar la información relevante del objeto de estudio encontrada a lo largo de la investigación.
- Analizar la clasificación e identificación de los fallos que pueden alterar el comportamiento de las aves.
- Validar los resultados encontrados con la misión de hacer el control y seguimiento del proyecto.

## GLOSARIO

Con la intención de centrar a los lectores, investigadores o en su defecto interesados en el tema de investigación se plantean algunos términos considerados como base para el desarrollo de la aplicación operativa del proyecto de investigación teniendo en cuenta que es un tema de innovación y cambio que puede generar buenos efectos en cuanto a inversión y calidad; tal como se aprecia en la parte conceptual de los términos que se presenta a continuación:

**Algoritmos:** del griego y latín, dixit algorithmus y este del griego arithmos, que significa número que en esencia es la secuencia de etapas, pasos y momentos lógicos que permiten la solución de un problema.

**Calidad:** se definen como las características de excelencia o en su defecto de superioridad de propiedades inherentes a determinados elementos o productos.

**Características anormales:** Se considera como los rasgos que dejar ver u observar las aves en su comportamiento diario que pueden estar sesgadas en ocasiones por los efectos raros o fuera de la cotidianidad que a la final dejar evidenciar un comportamiento fuera de la rutina que las aves pueden tener diariamente.

**Comportamiento de aves:** se define como la base de los estudios de aves que permite identificar razas y especies dentro de los pollos de engorde, asimismo se evidencia el desplazamiento, el consumo de alimentos, las características que muestran según la influencia de la temperatura entre otros aspectos.

**Demanda:** término muy propio empleado en las ciencias económicas donde se evidencia la inclinación de la sociedad por un producto muy propio siguiendo como base la marca, el cuidado, la presentación entre otros rasgos.

**Dispositivos de control:** En el sistema de visión artificial se requieren dispositivos como cámaras (fijas, dinámicas y ocultas), sonómetros, redes neuro-digitales y equipos de almacenamientos, entre otros.

**Fallos:** en el caso del presente trabajo se centra en mal funcionamiento de los sistemas causados por los comportamientos diversos de las aves de corral.

**Inteligencia artificial:** proceso de aplicación de sistemas mediante equipos y maquinas con la intención de prever comportamientos normales que en ocasiones muestran alteraciones y se registran en los dispositivos de almacenamiento.

**Monitoreo continuo:** seguimiento de toma de imágenes mediante cámaras o sensores que dejan ver actuaciones cotidianas y actuaciones que rompen secuencias normales lo cual conduce a estudios de los momentos o acciones.

**Oferta:** concepto empleado en economía y administración que permite visualizar el impacto social de determinado producto lo cual es medido con la intensidad que buscan los productos las personas.

**Productividad:** considerada como la capacidad de producción de las empresas según las unidades de trabajo que conduce a mostrar índices de rentabilidad de acuerdo a la inversión y producción.

**Razas:** Grupos de animales en los cuales se subdivide una especie en este caso en los pollos de engorde es esencial conservar la genética de origen para evitar

**Sistema:** conjunto de normas y pasos que regulan determinado acontecimiento, hecho o en su defecto acción.

**Sistemas de alimentación:** se definen como el conjunto de elementos que conforman las formas y maneras de alimentación de las aves.

**Visión artificial:** disciplina que se encarga de analizar los métodos que se emplean para adquirir determinada información con respecto al monitoreo que permita el control y comportamiento de las aves.

## RESUMEN

En el proceso de producción de pollo de engorde el estrés es un factor crítico que influye en la calidad final del producto. En este trabajo se desarrolló e implementó un sistema de adquisición de imágenes para el análisis y detección de comportamientos asociados a situaciones de estrés en aves de engorde como indicador de control. Este indicador permite generar alertas tempranas frente a alteraciones en el comportamiento de las aves que incidan negativamente en el bienestar de los animales. En el procesamiento de imágenes se aplicaron algunas técnicas de segmentación (binarización por umbralización, binarización por método de Otsu, dilatación) que permitieron con base a extracción de centroides estimar la cantidad de aves presentes en determinado segmento y sus patrones de actividad. Los intervalos entre los que se realiza el procesamiento de las imágenes se estableció en diez segundos a fin de observar los desplazamientos de las aves. Finalmente se demostró que la visión artificial y el procesamiento de imágenes hacen una herramienta importante para el análisis de aves de engorde.

**Descriptores:** producción, densidad de lote, monitoreo constante, visión artificial, etapas de desarrollo, dilatación, procesamiento de imágenes.

## SUMMARY

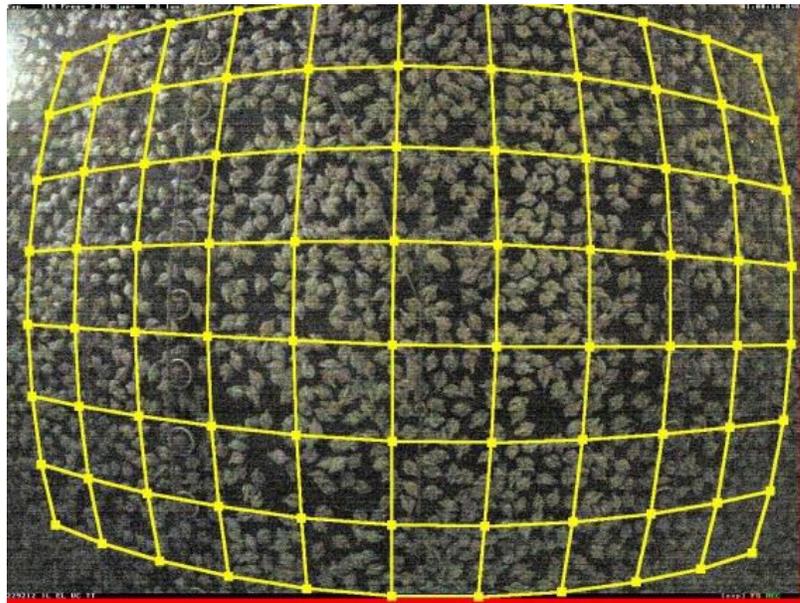
In the process of production of broiler, stress is a critical factor that influences the final quality of the product. In this work an image acquisition system was developed and implemented for the analysis and detection of behaviors associated with stress situations in fattening birds as a control indicator. This indicator allows generating early warnings against alterations in the behavior of birds that have a negative impact on the welfare of animals. In the processing of images, some segmentation techniques were applied (binarization by thresholding, binarization by Otsu method, dilation) that allowed based on extraction of centroids to estimate the number of birds present in a certain segment and their activity patterns. Those who performed the processing of the images was set in ten seconds in order to observe the movements of the birds. Finally, it was demonstrated that artificial vision and image processing make an important tool for the analysis of fattening birds.

**Descriptors:** production, batch density, constant monitoring, artificial vision, stages of development, dilation, image processing.

## ANTECEDENTES

Con el objetivo de identificar este trabajo de tesis en un contexto referido a los antecedentes investigativos y teóricos se dará un breve recorrido a algunos conceptos claves que intervienen en este proceso. Hablaremos por supuesto de las distintas temáticas necesarias para un mejor entendimiento y daremos un breve recuento de algunos trabajos realizados recientemente.

Los antecedentes investigativos se refieren a los estudios, proyectos y propuestas que se han realizado en función al tema que se viene planteando; por lo tanto, se da una mirada a los avances que se han realizado en materia de pollos de engorde y de proyectos vinculados tecnológicamente a la crianza de aves; razón que condujo a revisar algunos trabajos que han aportado con respecto a la cría de pollos de engorde, entre los proyectos con mayor vinculación al trabajo investigativo que se viene desarrollando se enfatiza en:

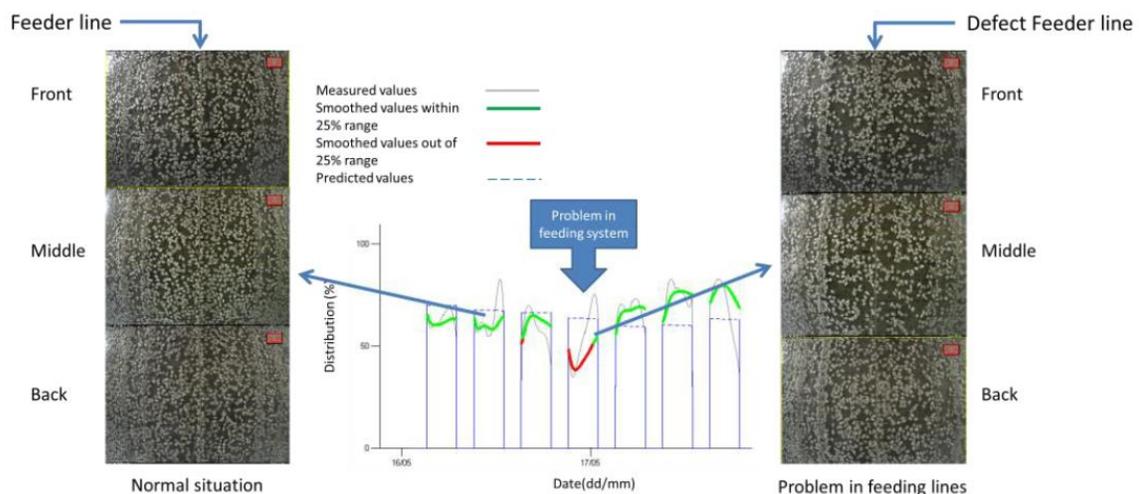


**Ilustración 1 - Segmentación y división de imágenes (Peña Fernandez, Tullo, Exadaktylos, Vranken, Guarino, & Berckmans, 2015)**

En primer lugar se tienen los aportes de (Peña Fernandez, Tullo, Exadaktylos, Vranken, Guarino, & Berckmans, 2015) en cuyo trabajo titulado “Broiler activity and distribution as behavior-based welfare indicators” podemos

resaltar el análisis que hacen principalmente de los patrones de actividad y distribución como indicadores del bienestar animal. Para el análisis de los datos se utilizó regresión lineal para evaluar la relación entre el porcentaje de tiempo en una situación de alerta percibida por la cámara y los indicadores de bienestar. Se apreciaron relaciones relevantes entre los porcentajes obtenidos con la regresión y la actividad presente en la distribución de los pollos. Un elemento importante que pudimos extraer de este trabajo es la implementación de la rejilla para dividir la imagen en diferentes secciones y analizarlas por aparte como se observa en la ilustración 1.

Otro estudio que aportó significativamente fue (Kashiha, Bahr, Vranken, Hong, & Berckmans, 2014), titulado “Monitoring System to Detect Problems in Broiler Houses Based on Image Processing”, en este estudio se analizó la distribución de los animales en periodos de 5 minutos estableciendo un índice de distribución extraído en la forma de histograma obtenido de las imágenes. Estos índices se compararon con los de las otras 180 zonas en las que se dividieron las capturas y determinando que zonas se encontraban fuera de un rango establecido como indicador lo cual permite estimar que se encuentran fuera del rango de normalidad.



**Ilustración 2 - Detección de un fallo en una línea de alimentación basado en índice de distribución (Kashiha, Bahr, Vranken, Hong, & Berckmans, 2014)**

Se incluye a (Navarro, Sántiz, Estudiante, Lara, Bermudez, & Tuxtla Gutierrez, 2017) con su trabajo titulado “Sistema de visión para detectar y alarmar el estado de cansancio de un conductor” debido a que propone un sistema embebido de visión artificial basado en la plataforma Raspberry pi que genera una alarma dependiendo del estado del conductor. Es importante resaltar que este trabajo parte de desarrollar una alarma a partir de una clasificación de información extraída de la imagen. Los sistemas embebidos requieren niveles de optimización elevados debido a que no cuentan con las mismas disposiciones de hardware que encuentran en un computador estándar, por lo tanto requiere ser muy eficiente en los códigos que se genera para estos dispositivos. Un sistema embebido se plantea como trabajos futuros para la implementación de visión artificial en granjas de engorde.

Pero los desarrollos en visión artificial especializados en el sector del agro no se limitan únicamente a la avicultura, estas tecnologías de monitoreo también se extienden a especies como los porcinos, en el cual los autores (Costa, Ismayilova, Borgonovo, Leroy, Berckmans, & Guarino, 2013) con su artículo titulado “The use of image analysis as a new approach to assess behaviour classification in a pig barn” en el cual se realizaba monitoreo de los cerdos para determinar sus estados, en el cual se determinaron 4 estados: Sin actividad, Luchando, Mordiéndose y en alimentación. Este estudio fue importante para nosotros porque pudimos resaltar el análisis del comportamiento animal como indicador de bienestar, sin importar la especie en la que se implementara el estudio.

Otro proyecto basado en visión artificial y muy significativo es el trabajo de grado de los profesionales (Garcia Piragua & Moreno Gomez, 2017), con su trabajo de grado “Sistema de conteo automático de personas por medio de visión artificial” en el cual podemos destacar la implementación de filtros morfológicos que me permiten discriminar información que no es significativa para el análisis de las imágenes. Transformaciones morfológicas como la erosión y dilatación permitió detectar con mayor facilidad los animales.

Incursionando un poco más en lo referente a la crianza y levante del pollo de engorde nos referimos a (Mendoza D, 2009) quien realizó un proyecto denominado: “Granjas Familiares de Pollos de Engorde para el Autoconsumo y la Comercialización en la Aldea Elmul, San Miguel Acatán Departamento de Huehuetenango” Guatemala de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas – Escuela de Economía, Instituto Educativo TULAN. Mencionado proyecto surge con la intención de garantizar a la comunidad en general que tenga alimentación mediante el consumo de proteína animal como lo son los pollos de engorde; fue un trabajo ambicioso y se propuso la creación de diez granjas para el autoconsumo.

De hecho, es importante indicar que su implementación permitió hacer frente a dos vertientes, en primer lugar, visualizar que existen nuevas formas de generar alimentos y a la vez alcanzar cierto grado de productividad económica y la otra vertiente se enmarcó en que se promueve en la comunidad una nueva manera de producción para la zona y de esa manera se puede ir estableciendo la diversidad del consumo y la producción lo que conduce a que se creen canales de comercialización y atención a los habitantes de la zona.

Por otro lado, se presenta el trabajo realizado por: Aillón Bolaño, Mayra Alejandra, (2012) cuyo proyecto se tituló: “Propuesta e Implementación de un Proyecto Comunitario que se Dedicará a la Crianza, Producción y Comercialización Avícola en la Parroquia de Ascázubi” en la Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Administrativas Escuela de Contabilidad y Auditoría, Quito – Ecuador. (Aillón Bolaño, 2012) El objeto de la investigación se enmarcó en: generar una herramienta de guía para la creación de un proyecto comunitario que se dedicará a la crianza, producción, y comercialización avícola en la parroquia de Ascázubi, siendo esto una base de información para el desarrollo y puesta en marcha de microempresas de este tipo de producción de pollos de engorde. Mencionado proyecto considero un cúmulo de elementos importantes como las condiciones climáticas de la zona lo que condujo a una producción de pollos de engorde a gran escala y lo que permitió cubrir en gran

medida la demanda del producto de los pollos de engorde; en el estudio de mercado se analizaron varios aspectos como: análisis de la oferta y la demanda, producto a comercializar, precio, canales a utilizarse para su comercialización, publicidad, promoción, así como aspectos que se refieren a gustos y preferencias del consumidor. El precio constituye un regulador básico del sistema económico debido a que influye sobre la asignación de factores de la producción, como asignador de recursos económicos, determina lo que se producirá conocido como oferta y quiénes obtendrán los bienes y servicios que se producen conocidos como demanda.

Bajo la misma idea se presentó; el trabajo realizado por (Mera Chilito, 2016), denominado: “Diseño e Implementación de un Sistema Embebido para Control de Temperatura y Humedad Relativa en Criadero de Pollos de Engorde” en Santiago de Cali - Universidad De San Buenaventura Cali; Facultad De Ingeniería Electrónica. Mencionado proyecto enmarco en sus propósitos facilitar una tarea de más arduo trabajo para el hombre, la cual trata de diseñar e implementar un sistema embebido para controlar la temperatura y la humedad relativa en galpones de pollos de engorde. Teniendo presente que el objetivo general se centró en diseñar e implementar un sistema de control de temperatura y humedad relativa en criadero de pollos de engorde usando sistemas embebidos.

De hecho, fue necesario la implementación de sensores de humedad relativa que condujo a tener claridad en la crianza de aves, los pollos de engorde también fueron analizados desde el plano de la temperatura y se encaminaron en dejar a su paso observaciones realizadas a partir de sensores de temperatura lo que condujo a que la producción fuese de mayor calidad y productividad, lo que indica que el sistema de embebido posee una buena aceptación ya que permite que la producción sea rentable con gran calidad en los productos.

Ahora bien, otro de los proyectos a considerar presentado por (Coy Beltrán, 2005) cuyo título fue: Estudio de Factibilidad para la Productora y Comercializadora de Pollos de Engorde COAGROGUASCA CTA; realizado en

Guasca Cundinamarca y la región del Guavio, integrada por 18 jóvenes rurales capacitados por el SENA dentro del programa del Gobierno Nacional Jóvenes Rurales. De Escuela Superior de Administración Pública “ESAP” Facultad de Posgrados Especialización en Proyectos de Desarrollo Bogotá. Mencionado proyecto se encamino a Identificar la demanda de pollos en las ciudades de Guatavita, Sopo, Calera y Guasca, los recursos financieros necesarios para el montaje y la ejecución del proyecto, la creación de una cooperativa de trabajo asociado que integre a los jóvenes bachilleres y les evite la emigración de la región.

Teniendo en cuenta dichos señalamientos conviene señalar que el proyecto permitió intrínsecamente que los participantes del proyecto adquieran valores de responsabilidad y compromiso en función a la contribución que se puede hacer para el desarrollo del aparato productivo de la Nación lo que deja inferir que se determina la cantidad de pollos que los consumidores, clientes potenciales y mayoristas estarían dispuestos a adquirir y la determinación de los precios del mercado que permitan la viabilización del proyecto que a la final va a contribuir en el bienestar y desarrollo de los habitantes de la región.

Se une a los señalamientos anteriores que en el Norte de Santander efectivamente se han desarrollado trabajos que convergen en elementos del tema que se viene desarrollando, tal es el caso que:

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

Específicamente en el marco teórico abordaremos temas como la avicultura, bienestar animal, sistemas de monitoreo o CCTV, segmentación de imágenes, algoritmos de clasificación, etc. Temáticas que resaltan directamente en las distintas etapas del desarrollo del proyecto y que contribuyen a una mejor comprensión de los resultados esperados.

Posteriormente se presenta el estado del arte en el cual se analizarán algunas experiencias anteriores similares, métodos y resultados obtenidos que nos permitirán determinar si nuestros objetivos difieren o si debemos reenfocar nuestra hipótesis. Para esta sección se realizará una pequeña revisión documental de trabajos tanto nacionales como internacionales que estén relacionados con las principales temáticas de nuestro objeto de estudio.

Para finalizar se resalta que la hipótesis principal de la investigación se consolida una vez finalizado el estudio del estado del arte y se han tenido en cuenta resultados de diversas investigaciones que se han realizado con similares objetos de estudio.

## **1.1 AVICULTURA.**

La avicultura en términos generales conforma la actividad del cuidado y manejo de especies avícolas entre las que se encuentra el pollo de engorde, gallinas ponedoras, codornices, faisanes, patos, pavos y especies silvestres como los ñus. Debemos destacar que en este trabajo nos enfocaremos en una de las categorías más desarrolladas de la industria avícola, como es la del pollo de engorde. Esta subespecie de ave se ha caracterizado por proveer un elevado valor nutricional y de carne y un alto grado de porcentaje de conversión de alimento.

### **1.1.1 La Avicultura en Colombia.**

La industria del pollo de engorde en Colombia ha tomado relevancia desde mediados del siglo XX. Las empresas con su agremiación promueven el crecimiento, competitividad y sostenibilidad, mediante acompañamientos

tecnológicos, sanitarios y de inocuidad, capacitación e investigación. La avicultura hace parte de uno de los sectores agropecuarios colombianos que más ha tenido representación en la actualidad, y que a nivel nacional ha superado el consumo per cápita de la carne de res y cerdo. (Aguilera Díaz, 2014). En la ilustración 1 se observa como la producción de pollo ha superado a la de carne de res entre los años 2003 y 2006.

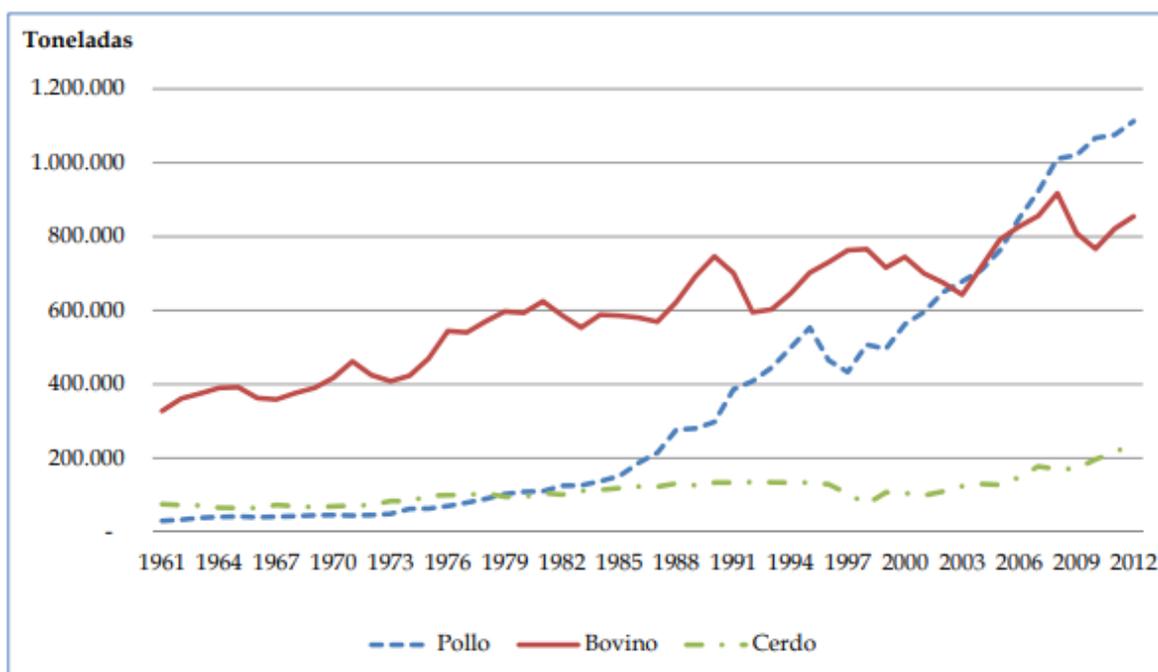


Ilustración 3: Producción de carne de pollo, res y cerdo en Colombia 1961-2012<sup>1</sup>

Se debe destacar algunos elementos para la comprensión de este sector agrícola como es las razas de aves más utilizadas, etapas en la producción de carne, granjas de engorde y principalmente un correcto manejo de los lotes en crecimiento:

### 1.1.2 Razas utilizadas en la producción avícola.

Actualmente de la gran variedad de aves existentes (más de 10000) son muy pocas las consideradas domesticas o de corral, entre ellas la más antigua es

<sup>1</sup>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

la gallina como aves de corral domesticas con el principal propósito de la obtención de sus productos. (Huevo, Carne).

La gallina doméstica (*Gallus Domesticus*) procede del gallo rojo de la jungla (*Gallus gallus*) que tiene cinco sub especies de posibles progenitores. Estudios genéticos sugieren que ha existido más de un centro de domesticación. Como mínimo, los datos arqueológicos sugieren la existencia de un centro de domesticación alrededor del Valle del Indo (Pakistán) hace unos 5000 años y otro situado en la china oriental de hace unos 7500-8000 años. A partir de estos puntos de domesticación las gallinas se distribuyeron rápidamente gracias a su facilidad de transporte y que algunas religiones consideraron a los pollos como una ofrenda divina. Sin embargo, las razas más importantes surgieron durante la segunda mitad del siglo XIX, por ejemplo la White Leghorn, la New Hampshire y la Plymouth Rock. (Dra. Barroeta, Dra. Izquierdo, & Dr. Pérez).

Actualmente en el sector avícola colombiano priman dos tipos de producción, el pollo de engorde y las ponedoras, para la producción de carne y huevos respectivamente. En las líneas ponedoras, predominan las razas alemanas H&N Brown, Lohmann Brown (huevo marrón), Lohmann Blanca y Hy line (huevo blanco). Debemos resaltar los avances tecnológicos en este sector ya que comparando la capacidad de puesta de las gallinas ponedoras ha aumentado significativamente referente a principios de siglo en la que el promedio de postura era entre 100 y 120 huevos por años y en la actualidad está alrededor de los 300 huevos por año.

Las subespecies más utilizadas en Colombia para la producción de carne son la **Cobb 500** y **Ross 308** ya que poseen características muy demandadas por el sector de engorde como es la tasa de crecimiento y la eficiencia en conversión alimentaria. También debemos resaltar las diferencias en los tiempos de cría y levante, ya que estos ciclos cambian y actualmente son muy diferentes a los de hace 20 años, cuando eran de 90 días. Actualmente dependiendo del segmento varía entre 35 días si es para asaderos de pollo o 42 días si es para desprese.



**Cobb 500**



**Ross 308**

**Ilustración 4: subespecies Cobb 500 y Ross 308<sup>2</sup>**

Se puede resumir que las múltiples subespecies y los desarrollos en genética buscan principalmente lograr la mejor capacidad productiva de las especies, así como una fuerte resistencia a las enfermedades y de esta forma reducir las pérdidas que genera la mortalidad en la producción avícola.

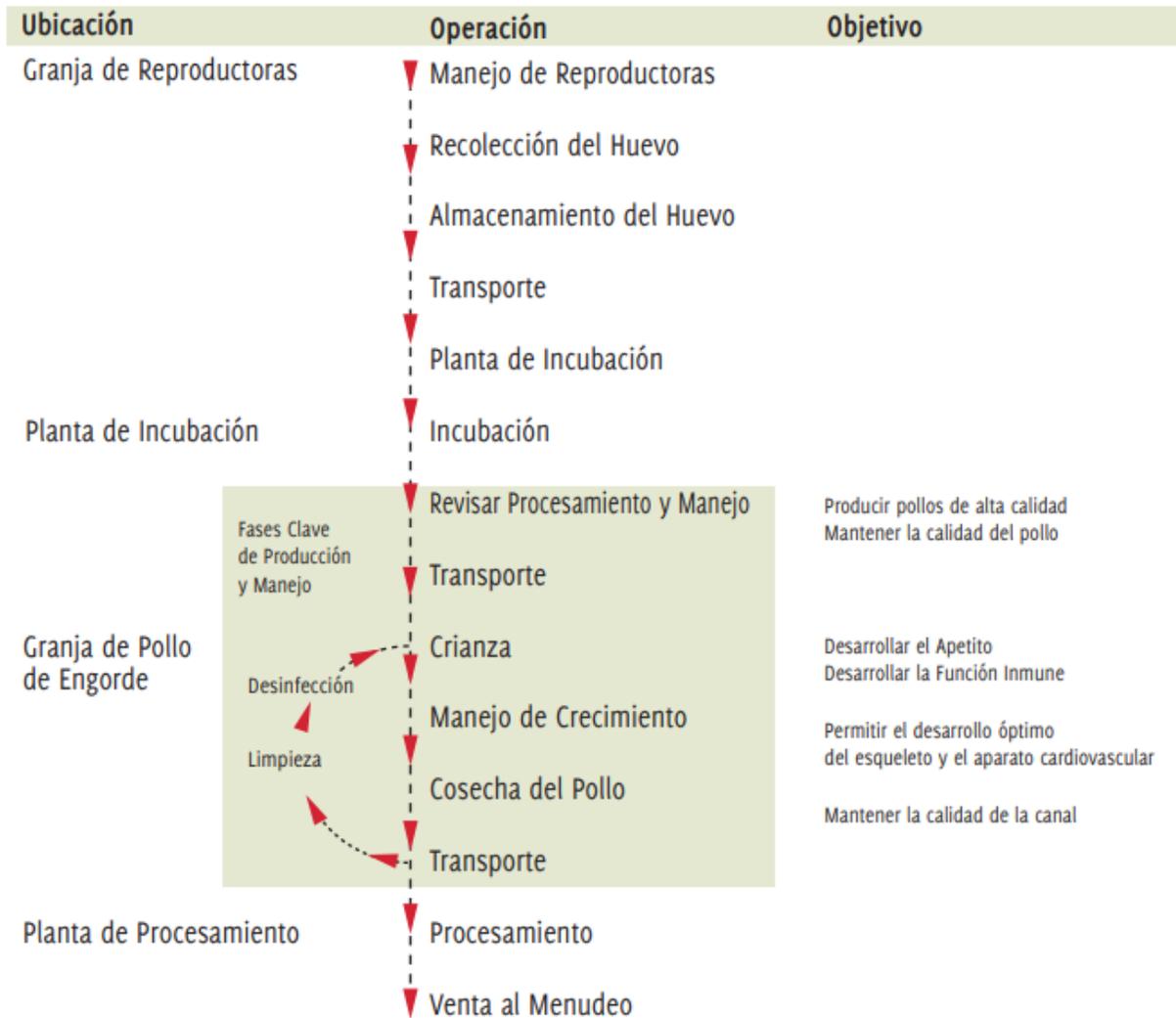
### **1.1.3 Etapas en la producción.**

La cría del pollo es solo una de las etapas que debe realizarse en la explotación avícola, estas etapas están comprendidas en: granjas reproductoras, plantas de incubación, granjas de crecimiento, plantas de beneficio, comerciantes minoristas y consumidores.

En el siguiente grafico podemos observar estas etapas que influyen destacando el proceso de cría y levante ya que constituye el objeto de estudio de la presente investigación:

---

<sup>2</sup> Recuperada de <http://www.morrishatchery.com/> el 05 de Mayo de 2018



**Ilustración 5: diagrama del proceso de producción del pollo de engorde**

En el proceso de cría y levante encontramos como principales actores las granjas de pollo de engorde. En estas granjas las aves llegan con un día de nacidas y se vacunan con el plan de vacunación diseñado por el médico veterinario encargado de la granja, según los factores de riesgo de la zona. El alojamiento de las aves se hace sobre una cama de cascarilla de arroz la cual es de fácil acceso por la producción de arroz de la zona.

El ciclo de las aves oscila entre los 40 y 45 días, dependiendo de la demanda del mercado o de la cantidad de aves, normalmente los machos que son los que logran un desarrollo más acelerados son trasladados primero a las plantas de beneficio, las hembras pueden tardar un poco más hasta lograr un peso

óptimo. Una vez completado el ciclo del ave se procede a retirar la pollinaza y desinfectar las instalaciones en las próximas dos semanas siguientes. El proceso de cría y levante de aves se muestra en el siguiente gráfico:

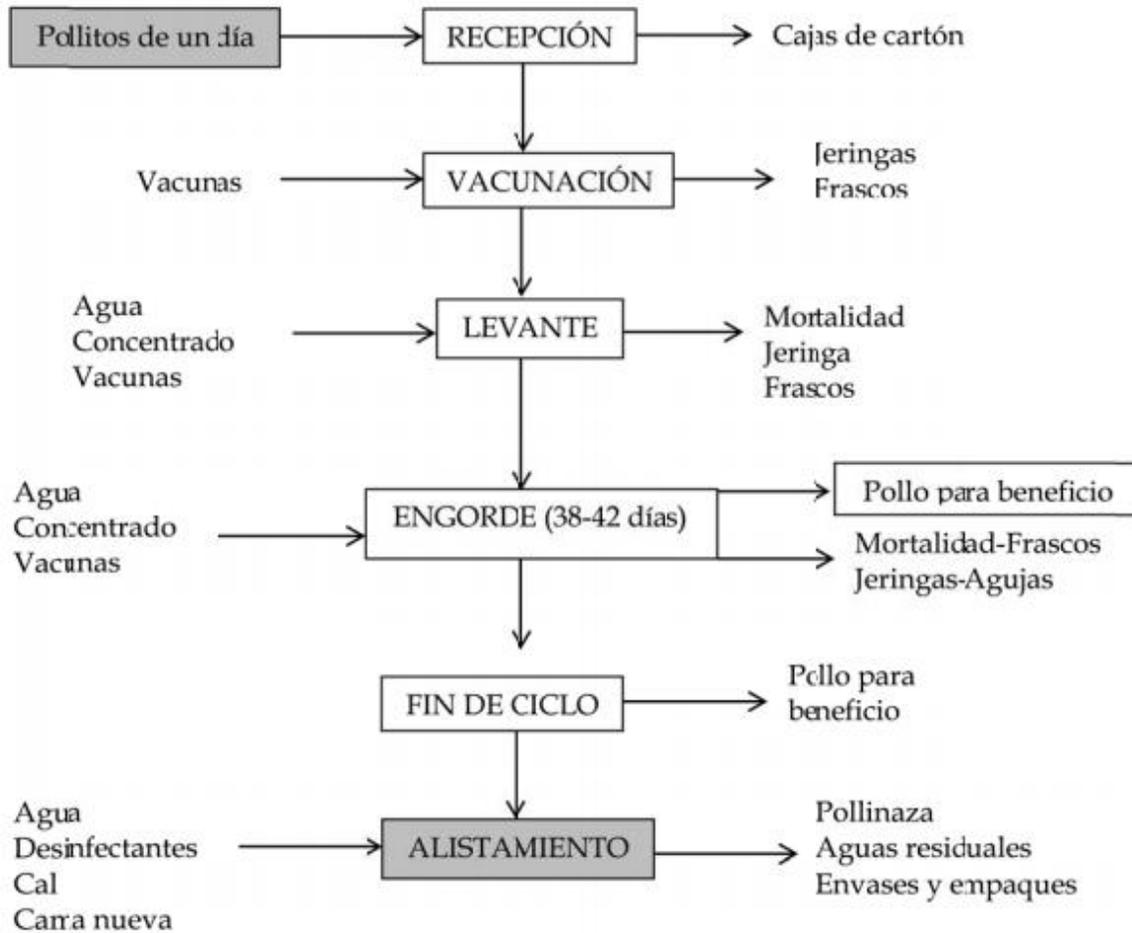


Ilustración 6: Granjas de pollo de engorde

Se destaca esta fase en la producción de avícola ya que juega un papel protagónico en el desarrollo de la investigación. Los análisis y objetivos se plantean a fin de lograr un mejoramiento en la identificación de parámetros que afecten o mejoren las condiciones y calidad de vida de las aves, buscando incidir en condiciones ideales para el desarrollo de los animales y mejorar la calidad del producto final.

### 1.1.4 El manejo.

La importancia del buen manejo en términos del bienestar, el desempeño y la rentabilidad del pollo de engorde no debe ser subestimada. Un buen avicultor debe tener la capacidad de identificar y responder a los problemas rápidamente.

La responsabilidad del avicultor va más allá de verificar el crecimiento e ingesta de alimento de las aves. Debe utilizar sus sentidos y crear una conciencia sobre el medio ambiente en el que se encuentran las aves, teniendo siempre presente las características que un comportamiento normal. Es importante realzar revisiones periódicas acompañándolas de los registros para garantizar el bienestar en los animales.



Ilustración 7: El avicultor debe usar todos sus sentidos para monitorear el estado de las aves<sup>3</sup>

El manejo es el resultado de la interacción positiva del humano con el pollo de engorde y su medio ambiente (sentido del cuidado). El avicultor debe estar siempre consiente y “sintonizado” con las aves de la parvada y su medio ambiente. Para esto, se deben observar detalladamente las características del comportamiento de las aves y las condiciones dentro del galpón. A este control se

<sup>3</sup> Tomada del libro Manual de manejo – Pollo de Engorde ©2014 Aviagen

le denomina comúnmente “el sentido del cuidado” y es un proceso continuo que requiere del uso de todos los sentidos del avicultor (Aviagen, 2014).

El manual de manejo del pollo de engorde especifica en el procedimiento del avicultor que debe evaluar al momento de ingresar en los galpones, especifica también la importancia de utilizar los sentidos, específicamente el sentido de la vista ya que hace parte de la característica más importante tenida en cuenta en la presente investigación. El avicultor debe tener en cuenta en el aspecto de observación los siguientes descriptores:

- **Distribución de las aves en la superficie del piso.** ¿Se observa que las aves estén evitando algunas áreas específicas, indicando así un problema en el medio ambiente (corriente de aire, frío, iluminación)?
- **La respiración de las aves.** ¿Las aves están jadeando? ¿El jadeo se observa de un área específica del galpón, indicando que hay un problema con el flujo de aire o con la temperatura?
- **El comportamiento de las aves – alimento, bebida y descanso.** Normalmente los pollos de engorde se distribuyen uniformemente entre estos comportamientos.
- **El número de ventiladores encendidos, la posición de las entradas de aire ¿los calentadores están encendidos?** ¿Se están encendiendo las criadoras en cuanto se apagan los ventiladores, o los ventiladores y las criadoras están encendidos al mismo tiempo? (es decir, es necesario ajustar las configuraciones).
- **Las celdas frías.** Dependiendo de los puntos de ajuste, ¿el área del panel está mojada, seca o una combinación de ambas? ¿La bomba de agua está funcionando y el agua se está distribuyendo de forma uniforme en los paneles?
- **La condición de la cama.** ¿Hay áreas en las que se está apelmazando debido a que hay bebederos goteando o exceso de agua proveniente de las celdas de enfriamiento? ¿Está entrando aire frío al galpón y descendiendo al piso?

- **Los comederos y bebederos.** ¿Están instalados a la altura correcta?  
¿Hay alimento en los comederos? ¿Los bebederos están goteando?  
¿Cómo está la calidad del alimento?

Destacamos “**distribución de las aves en la superficie del piso**” ya que uno de los principales objetivos de la investigación es desarrollar una herramienta basada en visión artificial que permita realizar un monitoreo continuo de este parámetro debido a que el avicultor no tiene la capacidad de permanecer las 24 horas del día y es un factor crítico en el crecimiento y bienestar de los animales.

## **1.2. SISTEMA DE MONITOREO.**

Los sistemas de monitoreo existen de muchos tipos, depende de las necesidades específicas de la aplicación, podemos hablar de monitoreo industrial, monitoreo de seguridad o circuitos cerrado de televisión (CCTV).

### **1.2.1. Monitoreo Industrial.**

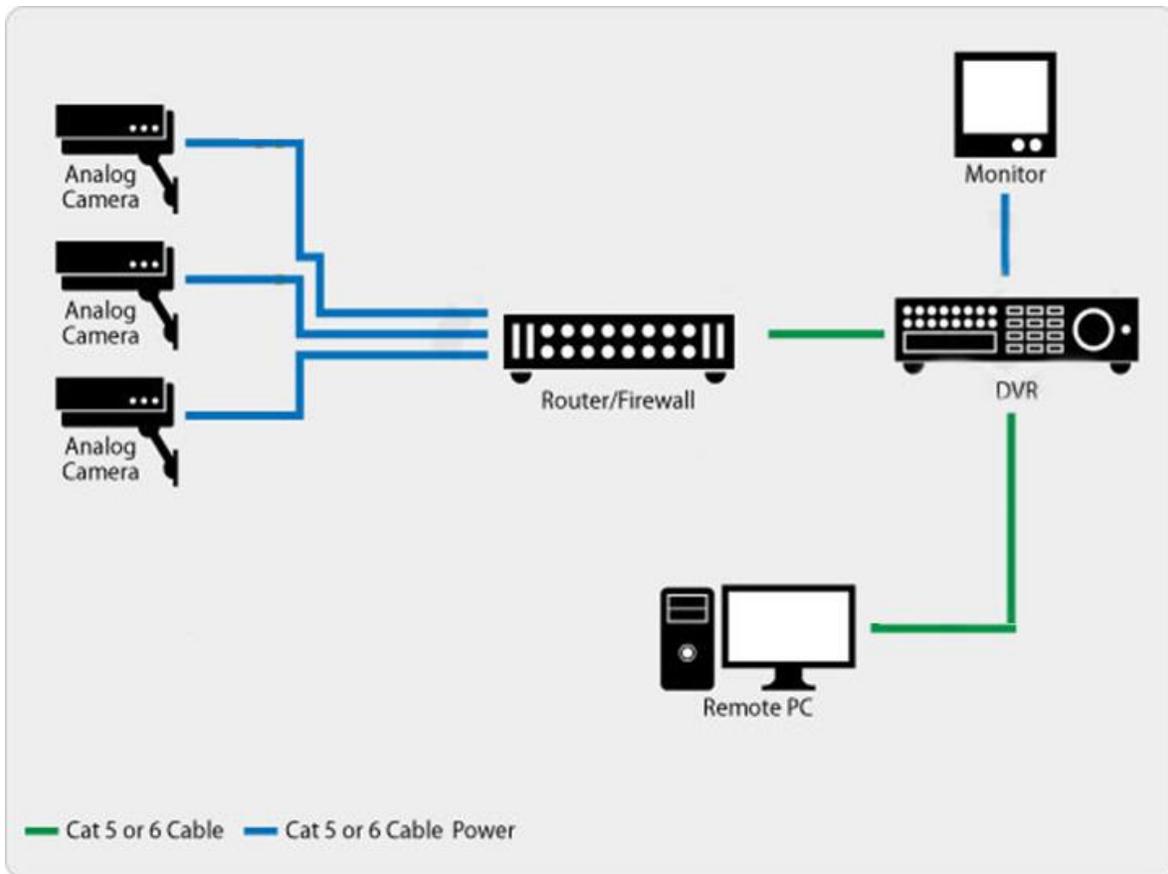
El monitoreo industrial se orienta a la optimización de procesos en fábricas y plantas industriales, utilizando dispositivos inteligentes, tecnologías y herramientas que permitan la recopilación de datos e información clave para una adecuada toma de decisiones y un aumento en la eficiencia y productividad de las operaciones<sup>4</sup>.

### **1.2.2. Sistemas de Video-Monitoreo.**

Los sistemas de video monitoreo son un elemento vital en la selección de sistemas de supervisión y control de acceso a áreas restringidas. Durante muchos años se han utilizado los sistemas de video monitoreo o también llamados “c circuito cerrado de televisión” (CCTV), un sistema analógico en sus inicios pero que poco a poco fue adaptando tecnologías digitales hasta nuestros días.

---

<sup>4</sup> Tomado de <https://www.vesat.cl/servicios/monitoreo-industrial/>



**Ilustración 8 - Sistema básico de video monitoreo CCTV**

Inicialmente los sistemas analógicos requerían una infraestructura separada de cable coaxial, multiplexores, monitores, cámaras analógicas y un sistema de almacenamiento muy reducido que limitaba las aplicaciones prácticas de estos sistemas. Luego se incorporaron tecnologías digitales utilizando los ya conocidos sistemas CCTV pero con DVR (Grabados de Video Digital). En resumen, un sistema analógico con grabación digital. A pesar de esta innovación estos sistemas seguían teniendo un limitado almacenamiento lo que obligaba en muchos casos a reducir la calidad de la imagen para obtener mayores tiempos de grabación.

Por último y en la actualidad se observa la incorporación de la tecnología IP que permite una mayor compresión de archivos y más eficiencia en el envío de la información a través del protocolo de comunicaciones TCP/IP. Se ha desarrollado

tanto en cámaras como en dispositivos DVR logrando grandes avances en cuanto a sistemas de gestión de video-monitoreo.

### **1.2.3. Cámaras.**

Podemos destacar en los sistemas de video-monitoreo las cámaras como principal elemento de entrada de datos, y de uso masivo aquellas orientadas al sector de la seguridad como son los sistemas CCTV (Circuito cerrado de Televisión). Dichas cámaras podemos clasificarlas en distintos tipos: tipo domo, tipo bala entre otras, así como también según las situaciones en las que se requieran. Hablaremos de ellas según su uso:

#### a) Cámaras de Red<sup>5</sup>.

Las cámaras de red o IP son video-cámaras de vigilancia que utilizan el protocolo de comunicaciones TCP/IP para conectarse a una red LAN conectada a internet o una intranet y envían imágenes de alta calidad mediante un servidor WEB incorporado en su sistema. Las cámaras de red, ya sean para uso interior o exterior, pueden clasificarse adicionalmente como cámaras de red fijas, domo fijas, ocultas, PTZ o térmicas.

#### b) Cámaras de red fijas.

Una cámara de red fija tiene una dirección de observación fija una vez montada. Puede estar equipada con objetivos de zoom motorizadas, vari focal o fijas, siendo estas intercambiables en ciertas cámaras. Una cámara fija es el tipo de unidad tradicional, donde tanto la cámara como la dirección en la que apunta son claramente visibles

#### c) Cámaras de red domo fijas.

Una cámara de red domo fija es una cámara fija en un diseño domo. Puede disponer de objetivos de zoom motorizadas, vari focal o fijas, pudiendo ser intercambiables. La cámara puede orientarse a cualquier dirección. La principal

---

<sup>5</sup> (Axis Communications)

ventaja radica en su diseño discreto no intrusivo, así como en el hecho de que es difícil observar a qué dirección está orientada la cámara.

Esta clase de cámaras son manuales, esto quiere decir que cada usuario puede graduar con sus propias manos los ángulos de estos dispositivos. Su instalación se caracteriza por ser sencilla y rápida, cuenta con visión nocturna y son de las más asequibles del mercado.

d) Cámaras de red ocultas.

Las cámaras ocultas están diseñadas para fundirse con el entorno y ser prácticamente imposibles de detectar. Pueden ubicarse a la altura de los ojos en accesos o integrarse en dispositivos como un cajero automático para llevar a cabo una labor de vigilancia discreta u oculta. Pueden permitir capturas de primeros planos con fines identificativos o vigilancia de visión global. También reducen el riesgo de manipulación.

e) PTZ network cameras.

Por el funcionamiento y diseño de estas cámaras resultan ser las más avanzadas tecnológicamente, debido a que pueden enfocar en diversos ángulos gracias a sus ejes de movimientos, que además cuentan con un potente zoom, visión nocturna a larga distancia y con una imagen de excelente calidad.

f) Cámaras de red térmicas.

Las cámaras de red térmicas generan imágenes basadas en el calor que irradian los objetos. Normalmente, las imágenes se generan en blanco y negro, pero pueden colorearse artificialmente para facilitar la diferenciación de las distintas tonalidades. Las imágenes térmicas son mejores cuando existen grandes diferencias de temperatura en la escena; el objeto más caliente será el más luminoso en la imagen térmica.

#### **1.2.4. Directrices para seleccionar una cámara.**

Estos son algunas recomendaciones a la hora de elegir el tipo de cámara a utilizar en un sistema de video monitoreo:

- a) Definir el objetivo de monitoreo (detección, reconocimiento o identificación).

Debe identificarse cuál será el objetivo de la vigilancia, si solo se busca observar un área específica sin obtener grandes detalles, o si por el contrario debe identificarse rostros, situaciones o movimientos específicos en el área determinada.

- b) Área de cobertura.

Para la identificación del área de interés puede determinarse a partir de la ubicación de la cámara y que tanto se desea registrar. Para ello existen diversidad de cámaras con lentes específicos que varían para ampliar o reducir el área cubierta.

- c) Definir el entorno (interior o exterior).

Podemos distinguir en este segmento principalmente dos tipos de cámaras, las de Exteriores y las de interiores. Para los exteriores existen cámaras de vigilancia con mayor resistencia a la intemperie como: las cámaras tipo bala metálica, las cámaras domo PTZ (que cuenta con movimiento). Para las diseñadas para interiores por lo general no son resistentes al agua, como: las cámaras tipo domo, cubo, robóticas con movimiento, entre otros.

- d) Vigilancia visible u oculta.

Este aspecto ayuda a seleccionar las cámaras, así como el tipo de carcasa y montaje, que ofrecen instalaciones discretas o no discretas.

Otras consideraciones importantes:

- e) Resolución.

La resolución de una imagen indica la cantidad de detalles que puede observarse en esta. El término es comúnmente utilizado en relación a imágenes de fotografía digital, pero también se utiliza para describir cuán nítida es una imagen de video. Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual.

f) Compresión.

El sistema de Compresión de Imagen de las cámaras sirve para hacer que la información obtenida de la cámara, que es mucha información y de gran tamaño, y que si no se comprime adecuadamente es imposible que se envíe por los cables de una red Local (LAN) o de las líneas telefónicas. Al comprimir pretendemos que ocupe lo menos posible, sin que las imágenes enviadas sufran pérdidas en la calidad o en la visualización.

g) Gestión de eventos y video inteligente.

La gestión de eventos permite identificar en una imagen cuando ha habido cambios repentinos en entre los cuadros de la imagen, registrando la hora y el lugar de dichos cambios. Esto es particularmente útil ya que permite identificar el momento exacto de los eventos sin tener que estar horas viendo las grabaciones.

h) Prestaciones de funcionamiento en RED.

Las cámaras IP son cámaras de video o fotografía que emiten imágenes directamente a internet o a una intranet sin necesidad de un circuito propio. Estas cámaras presentan un pequeño ordenador incorporado que está especializado en ejecutar aplicaciones de red. Una ventaja importante de estas cámaras de seguridad frente a otros sistemas es que desde cualquier dispositivo con conexión a internet se puede realizar la vigilancia. El equipo de grabación puede estar instalado en cualquier parte del mundo, ya que los archivos de vídeo de las grabaciones pueden almacenar de forma segura en un lugar diferente a la ubicación de la grabación.

i) Software de aplicación e interfaz abierta

Un producto de vídeo en red con una interfaz abierta permite mejores posibilidades de integración con otros sistemas. También es importante que el producto sea compatible con una buena selección del software de aplicación y con software de gestión que permita una instalación sencilla y actualizaciones de los productos de vídeo en red.

### 1.2.5. Cámaras Power over Ethernet (PoE).

La tecnología PoE permite la incorporación de alimentación en el mismo cableado en el que se transportan los datos al dispositivo, esto da una gran flexibilidad en cuanto a conexión e instalación ya que elimina el uso de tomas de corriente en los puntos de la cámara.

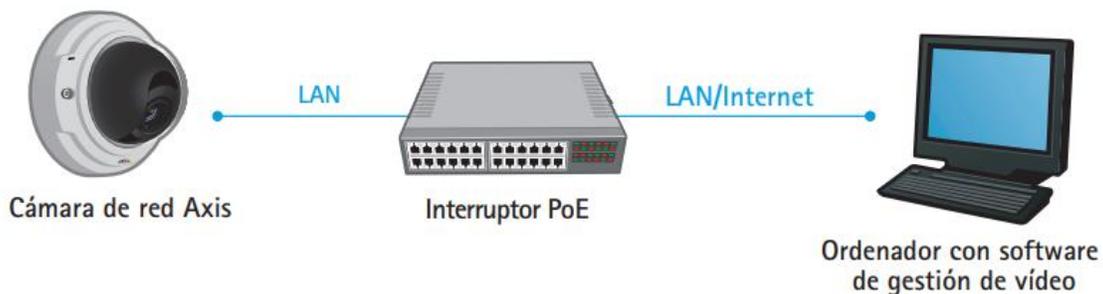


Ilustración 9: Sistema básico de video-monitoreo (Axis Communications)

Power over Ethernet se regula en una norma denominada IEEE 802.3af y está diseñado de manera que no disminuya el rendimiento de comunicación de los datos en la red o reducir el alcance de la misma. El estándar proporciona una alimentación de hasta 15.4W en el lado del conmutador, lo cual se traduce en un consumo eléctrico máximo de 12.9W en el lado del dispositivo/cámara, siendo de gran utilidad para cámaras de interior.

La tecnología PoE funciona a través de un cableado de red estándar (categoría 5) para suministrar alimentación directamente desde los puertos de

datos a los que están conectados los dispositivos de red. Existen tres métodos para enviar potencia usando Power over Ethernet:

- j) Utilizando pares ociosos: un cable UTP tiene 8 hilos, entorchados en 4 pares. En 10Base-T y 100Base-T sólo 2 pares se emplean para pasar datos, los otros dos quedan libres.
- k) Utilizando los pares que transportan datos: el estándar IEEE 802.3af emplea los pares que transportan datos para llevar la potencia. Este PoE agrega potencia DC a los pares de datos empleando transformadores de señal y potencia derivada.

Puesto que; el estándar Ethernet necesita solo 2 de los cuatro pares en cableado de Cat 5,6, ó 7 hay dos pares que no se utilizan. En la siguiente tabla se observa la distribución de los pines para la transferencia de información y alimentación según el estándar IEEE 802.3af.

**Tabla 1: Pines de entrada y salida de un inyector PoE pasivo**

<b>IN</b>	<b>LAN</b>	<b>PoE</b>	<b>OUT</b>
1	Data	Data	1
2	Data	Data	2
3	Data	Data	3
4	N.C.	+Volt	4
5	N.C.	+Volt	5
6	Data	Data	6
7	N.C.	GND	7
8	N.C	GND	8

#### 1.2.5.1. Solución no estándar, PoE pasivo.

El PoE pasivo transmite potencia a través de cables seleccionados de UTP/FTP. De tal forma que no está ligado estrictamente a la norma, sino que el usuario tiene la facilidad de elegir los conectores, sin embargo, se recomienda seguir el estándar propuesto para evitar confusión en labores de mantenimiento.

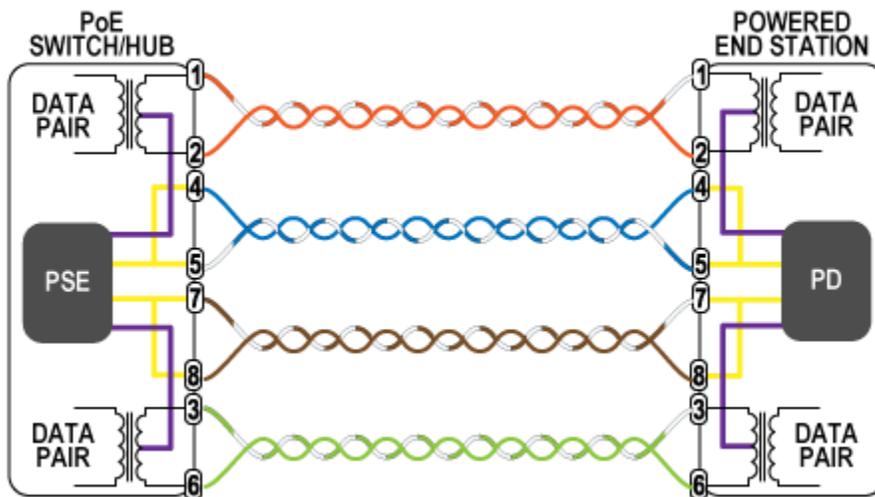


Ilustración 10 - : Diagrama de cableado de un inyector PoE pasivo y dispositivo accionado  
(UNIFORME, 2014)

Debe tenerse claro el PoE pasivo no es compatibles con el estándar 802.3at y no se recomienda su uso por redes profesionales. Para el diseño de este esquema se buscó utilizar practicidad en la instalación, para ello el sistema PoE ofrece versatilidad en cuanto la cantidad de materiales necesarios para la instalación de los equipos.

### 1.3. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI).

El análisis de imágenes comprende todos los métodos y técnicas que se utilizan para extraer información de una imagen, como uno de los pasos para ello hablamos de la segmentación de imágenes que se ocupa de descomponer una imagen en sus partes constituyentes, es decir, los objetos de interés y el fondo, basándose en ciertas características locales que nos permitan distinguir un objeto del fondo y objetos entre sí.

Se define una imagen como una representación pictórica de un objeto o fenómeno que contiene información descriptiva de este. Para el análisis y estudio de las imágenes digitales disponemos de herramientas de procesamiento como

FPGA (Field Programmable Gate Array), DSP (Digital Signals Processor), etc. Estas constituyen el Procesamiento Digital de imágenes (PDI).

Una imagen digital puede ser definida matemáticamente como una función bidimensional  $f(x,y)$ , con coordenadas espaciales  $x$  y  $y$ , una función  $f$  que definen la intensidad de gris que la ocupa esa coordenada.

### **1.3.1. Algunos ejemplos de los campos de aplicación del procesamiento digital de imágenes (PDI).**

Hoy en día casi no hay áreas de enfoque técnico que no hayan sido impactadas de alguna manera por el procesamiento digital de imágenes, las áreas son tan abundantes y variadas que es necesario crear utilizar un criterio de clasificación para mostrar algunos ejemplos:

- l) **Rayos Gamma:** Sus principales aplicaciones son en medicina nuclear y observaciones astronómicas.
- m) **Rayos X:** Los rayos X no solo se usan en medicina, sino también en gran manera en la industria y otras áreas, como la astronomía.
- n) **Ultravioleta:** Las aplicaciones incluyen litografía, inspección industrial, microscopia, láseres, imágenes biológicas y observaciones astronómicas.
- o) **Visible e infrarroja:** Estas son principalmente las más numerosas, la luz infrarroja se utiliza a menudo junto con la imagen visible. Algunos ejemplos son en la microscopia, astronomía, detección remota, industria y en la policía.
- p) **Microondas:** Su aplicación principal es el radar. El radar puede obtener datos virtualmente de cualquier región y a cualquier hora, sin importar las condiciones de clima o luz ambiental ya que puede atravesar nubes, vegetación, hielo y arena.
- q) **Ondas de Radio:** Se usan principalmente en medicina y astronomía.

### **1.3.2. Pasos fundamentales del procesamiento digital de imágenes.**

En el procesamiento digital de imágenes deben tenerse en cuenta ciertos pasos que no necesariamente deben aplicarse en su totalidad, pero cada uno de

ellos básicamente ingresan y procesan imágenes. Los pasos básicamente son los siguientes:

**a) Adquisición de imágenes**

Generalmente incluye pre procesamiento (p. Ej. Escalar la imagen).

**b) Mejora de la imagen**

La idea de este paso es obtener detalles que no se veían, o simplemente subrayar ciertas características de interés. Que se “vea mejor”.

**c) Restauración de la imagen.**

También mejora la apariencia de la imagen, a diferencia de la mejora de la imagen, subjetiva, la restauración es objetiva, en el sentido en que las técnicas de restauración tienden a ser modelos probabilísticos o matemáticos de degradación de la imagen (¿Cómo era esta imagen antes de ser dañada?)

**d) Procesamiento del color.**

Procesamientos especiales para el color.

**e) Ondéelas**

Fundamentalmente utilizadas para representar imágenes en varios grados de resolución. Se utiliza principalmente en compresión.

**f) Compresión**

Reduce el almacenamiento requerido para guardar una imagen, o el ancho de banda para transmitirla.

**g) Procesamiento morfológico**

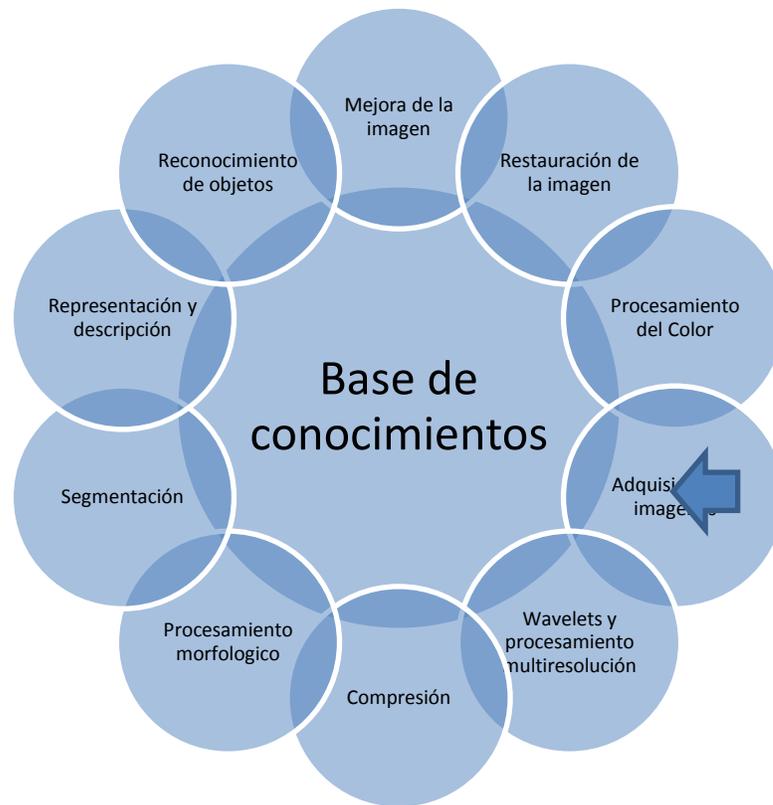
Herramientas para extraer componentes de la imagen útiles para la representación y descripción de formas.

**h) Segmentación**

Divide una imagen en sus partes constituyentes.

**i) Representación y descripción.**

Se toman decisiones tales como si la forma obtenida debe ser tratada como una frontera o una región, y extrae atributos que resultan en información cuantitativa de interés.



**Ilustración 11 - Representación descriptiva de las distintas técnicas incidentes en el procesamiento de imágenes digitales.**

Vale la pena resaltar la importancia del procesamiento digital de imágenes ya que provee las herramientas necesarias para realizar trabajos en cualquier campo que involucre captura de imágenes y procesamiento de ellas. Las aplicaciones van desde controles de calidad industrial hasta reconocimiento de objetos para proveer visión a sistemas robóticos.

### **1.3.3. Segmentación de imágenes**

Podemos decir también que la segmentación es una etapa del procesamiento digital de imágenes que definimos como el proceso de dividir una imagen digital en segmentos o estructuras significativas de tal forma que cada pixel se encuentra asociado a una etiqueta distintiva del segmento al que pertenecen (Costa, Quintero Torres, Acosta Muñoz, & Rey Torres, 2018).

La segmentación se aplica de múltiples formas, se puede aplicar detección de bordes, segmentación en regiones, líneas o curvas. También es posible segmentar las imágenes en función de los píxeles que la componen. Los atributos básicos de segmentación de una imagen son: la luminancia en imágenes monocromáticas, los componentes del color, las texturas, las formas, etc.

En el diseño de algoritmos de segmentación se realiza principalmente en imágenes escala de grises, siendo dos propiedades las principales para realizar el análisis de los diferentes niveles de gris: discontinuidad y similaridad. En el análisis por discontinuidad el método consiste en dividir una imagen basándose en los cambios bruscos del nivel de gris. Los métodos más empleados basados en discontinuidad son:

- a) Detección de puntos aislados
- b) Detección de líneas
- c) Detección de bordes de una imagen.

En la similaridad se presenta la regularidad de los valores del nivel de gris, los principales métodos usados son:

- a) Umbralización
- b) Crecimiento de región
- c) División y fusión de regiones

El análisis de imágenes en escala de gris según las propiedades de similaridad y discontinuidad se aplica a imágenes tanto de movimiento como estáticas con el objetivo de diferenciar los objetos del fondo de la imagen. En la ilustración 10 se observa cómo se realiza segmentación de imágenes para diferenciar unas monedas del fondo (Laserna Palomino & Roman Concha, 2009).

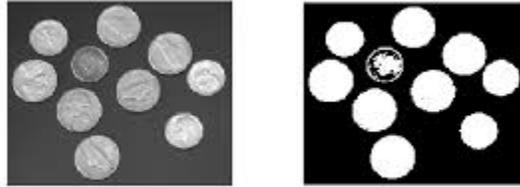


Ilustración 12 - Segmentación de imagen

Entre los métodos utilizados para la segmentación de imágenes detallamos los siguientes:

a) Binarización de una imagen

La binarización de una imagen es una técnica que consiste en realizar un barrido de una imagen digital en la que se recorre cada uno de los pixeles asignándoles un único valor, 0 o 1, o lo que es lo mismo un sistema binario de ausencia y presencia de color (Magro, 2013). Existen varios métodos para binarizar una imagen:

- Binarización por Umbralización: Este es uno de los métodos más simples en el procesamiento de imágenes ya que analiza los pixeles que componen la imagen y se determina el valor de umbral, aquellos valores que superen el umbral se asigna un valor y los que no otro. Matemáticamente lo representamos de la siguiente manera:

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{Si } f(x, y) > \text{umbral} \\ 0 & \text{Si } f(x, y) < \text{umbral} \end{cases}$$

Obtenemos como resultado una imagen  $g(x, y)$ , .En la ilustración 11 se observa una imagen binarizada en el valor de umbral 127.

Original Image



Global Thresholding ( $v = 127$ )



Ilustración 13 - Binarización por umbralización<sup>6</sup>

- Binarización por método de Otsu

El método de Otsu se encuentra dentro de las técnicas de umbralización más utilizadas y selecciona el máximo valor de umbral de la varianza entre clases del histograma (Arroyave Giraldo, Restrepo Martíne, & Vargas Bonilla, 2011) . El algoritmo que emplea este método se encarga automáticamente de buscar un valor umbral, recorre la totalidad de la imagen en escala de grises buscando el valor de umbral que genere una menor varianza ponderada. En la siguiente imagen se observa la comparación entra la binarización por umbralación y por método de Otsu, también se aplica este método a la imagen a la cual se le ha agregado ruido gaussiano para analizar los resultados.

---

<sup>6</sup> Recuperado de <https://www.aprenderpython.net/umbralizacion-una-imagen/> el 10 de Mayo/2018

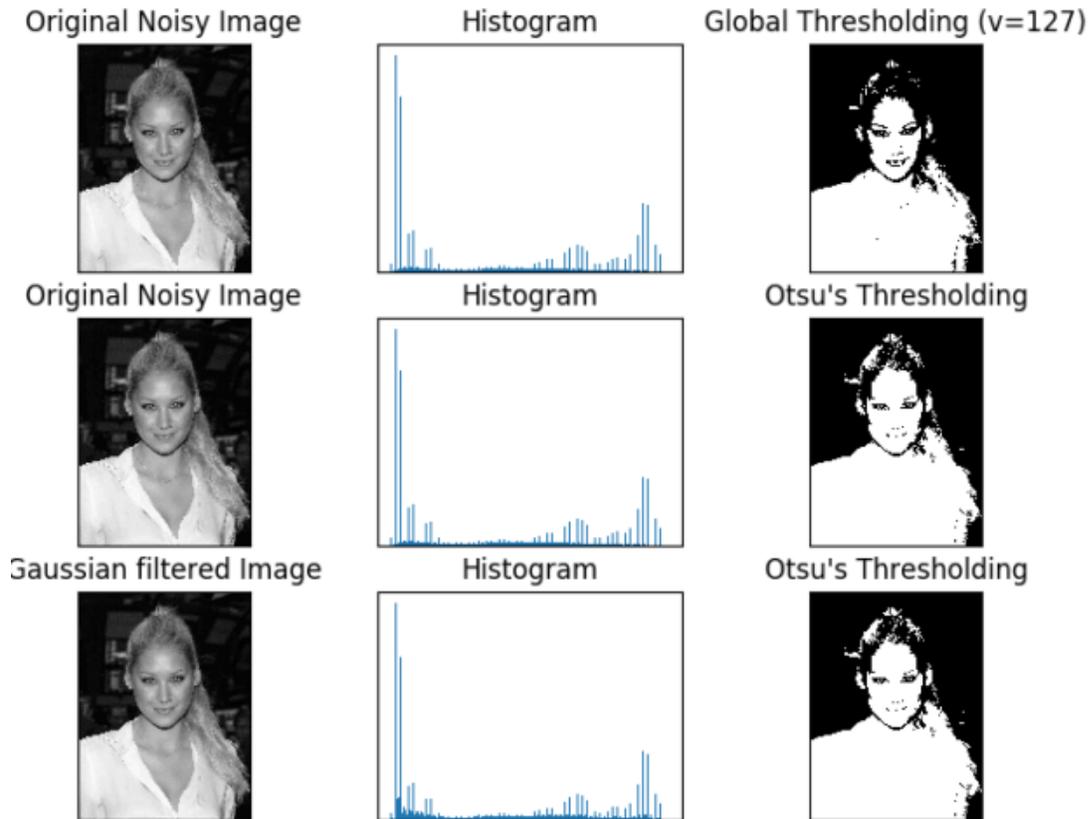


Ilustración 14 - Comparación entre métodos de binarización (umbralización y Otsu)<sup>7</sup>

## b) Erosión

Al aplicar erosión a una imagen se observa un efecto de adelgazamiento en la zona con el fin de eliminar los objetos de poca importancia o prescindibles para el análisis, el propósito de este método lograr simplificar imágenes complejas donde podamos observar solo la información relevante. Se observa en la ilustración 13 en resultado de aplicar erosión.

<sup>7</sup> Recuperado de <https://www.aprenderpython.net/umbralizacion-una-imagen/> el 10 de Mayo/2018



Ilustración 15 - Erosión aplicado a imagen de texto<sup>8</sup>

### c) Dilatación

El método de dilatación se utiliza para expandir imágenes, este método es complementario con la erosión ya que al erosionar y luego dilatar podemos quitar el ruido y detallar mejor la imagen. Se observa en la ilustración 14 el resultado de aplicar dilatación a una imagen.



Ilustración 16 - Dilatación aplicada a imagen de texto

---

<sup>8</sup> Recuperado de: "OpenCV Operaciones Morfológicas"  
<http://acodigo.blogspot.com/2017/04/opencv-operaciones-morfologicas.html>

# **CAPÍTULO II**

## **METODOLOGIA**

Es importante identificar cada una de las etapas en las que trabajaremos para la realización de la, para ello tendremos en cuenta los distintos factores que intervienen para lograr los objetivos planteados. En la ilustración 10 se plantea gráficamente la estructura o metodología que llevara el proceso de la siguiente manera:



Ilustración 17 - Representación metodológica

## 2.1. NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se caracterizar por estar en un paradigma cuantitativo en razón a lo expuesto por (Hernández, 2010): "Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías" (p. 8). De allí que, se medirán y describirán las variables utilizando la estadística descriptiva e inferencial mediante la aplicación de instrumentos de medición; de esta manera, también se comprenderá la utilización de fórmulas estadísticas con asignación de valores numéricos que determinarán la tendencia de los reactivos, indicadores de la situación actual de la variable herramientas tecnológicas para el mejoramiento del proceso de aprendizaje.

Es una investigación de campo, por cuanto guarda relación con la definición emitida por (Hurtado de Barrera, 2000): "...tiene un propósito de describir un evento obteniendo los datos de fuentes vivas o directas, en su ambiente natural" (p. 230). La investigación se apoyará en este estudio, dado que los datos serán tomados directamente de la realidad, considerando que la investigación de campo es aquella que se efectúa en el lugar y tiempo en el que ocurren los fenómenos objeto de estudio. En este sentido, (Sabino, 2004), define la investigación de campo como:

...aquella en que el mismo objeto en estudio, sirve como fuente de información por el investigador, consiste en la observación directa de los casos, comportamientos de las personas, circunstancias en que ocurren ciertos hechos, por ese motivo la naturaleza de las fuentes determina la manera de obtener datos (p. 110).

En cuanto al nivel descriptivo se considerará el planteamiento de (Castro, 2007), el cual sostiene: "...son los estudios que buscan analizar de forma detenida un hecho para verificar sus partes, es decir, los elementos factores causa y efectos del mismo, permitiendo al investigador, tener un panorama claro del objeto de estudio" (p. 50). Esto indica que a través de la apreciación de la variable el investigador podrá tener claro el hecho sobre la cual se fijará y se orientará la investigación.

## **2.2. HALLAZGOS ENCONTRADOS**

En cuanto a los hallazgos encontrados en la instrumentación del proyecto conviene señalar que se plantean tres elementos de marcada relevancia que permiten visualizar cada uno de los aspectos considerados a lo largo de la investigación y que recaen en contextualización del escenario de la investigación, la implementación del monitoreo constate y la sistematización de la información; lo cual permite dar pie para generar las conclusiones respectivas y un acercamiento a la realidad del fenómeno tal cual como se establece en su intencionalidad: Diseñar

un sistema de visión artificial para identificar características anormales en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja avícola MASCRIOLLO.SAS de la ciudad de Cúcuta.

### **2.2.1. Contextualización del escenario de investigación.**

#### a) Ubicación

La empresa Avícola MASCRIOLLO S A S se encuentra ubicada en la localidad de CUCUTA, en el departamento de NORTE SANTANDER. El domicilio social de esta empresa es Vía Puerto Santander 98 KM 1, Cúcuta, Norte Santander. La forma jurídica de Avícola MASCRIOLLO S A S es Sociedad Por Acciones Simplificada y su principal actividad es "Cría de aves de corral".

#### b) Misión

Producir un pollo de excelente calidad, que cumpla con todas las normas sanitarias, garantizando la satisfacción de las necesidades, gustos y preferencias de nuestros clientes, incorporando procesos de calidad, promoviendo el bienestar de nuestros empleados, con una producción limpia y amigable con el medio ambiente.

#### c) Visión

Ser la empresa líder a nivel nacional en el sector avícola con un proceso de producción integrado verticalmente, que integra la producción de concentrado, levante de reproductora, producción de pollito, levante y engorde de pollo, beneficio de aves, comercialización y distribución. Contando con la única planta de beneficio avalada por el INVIMA en norte de Santander.

#### d) Objetivos

- Producir un pollo de excelente calidad y a un precio justo.
- Garantizar la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes.
- Cuidar y proteger el medio ambiente.

- Cumplir con todas las normas y regulaciones establecidas por las entidades de vigilancia y control sanitario y ambiental.
- Promover el bienestar de nuestros empleados.
- Generar empleo e ingresos para la región.

### **2.3. INSTRUMENTACIÓN.**

Es necesario partir de un sistema que permita realizar captura de imágenes y almacenarlas para tener registro de las situaciones que se presenta con las aves. Para ello se determinó que un sistema de seguridad para la gestión de video permitiría realizar captura de datos continuamente e identificar las posibles fallas presentes en el estudio. Un sistema de gestión de video monitoreo está compuesto de las siguientes fases:

#### **2.2.1. Adquisición de imágenes.**

Para la adquisición de las imágenes se utilizó una cámara IP por sus ventajas en cuanto a conectividad y visualización, ya que permite acceso remoto incluso a través de internet. La referencia es una cámara Hikvisión mini Domo de 2 Megapíxeles. Esta cámara posee un lente de 2,8mm lo cual permite obtener imágenes del área total de estudio.



**Ilustración 18 - Cámara tipo domo hikvisión para exteriores<sup>9</sup>**

---

<sup>9</sup> Recuperada de <https://www.hikvision.com/es-la>

### 2.2.2. Sistema de alimentación PoE.

Para la alimentación de las diferentes cámaras se realizó mediante el estándar PoE que permite alimentar los dispositivos con el mismo cable de datos otorgando más flexibilidad al momento de la instalación al no requerir tanto cableado. Para nuestro diseño se utilizó el switch TL-SF1008P de la empresa TP-Link ya que cuenta con este tipo de conectividad.



Ilustración 19 - Switch PoE TP-Link de 8 puertos<sup>10</sup>

### 2.2.3. Dispositivo de gestión de video NVR.

Para el almacenamiento de la información se tomó un NVR IP de 8 canales también de la marca Hikvisión con referencia DS7608NIE2, el propósito del dispositivo de almacenamiento es registrar el comportamiento y actividad de las aves en su ciclo de producción el cual va desde el día 1 en el cual llega el pollito con un día de nacido hasta aproximadamente el día 42 cuando es transportado a las plantas de beneficio.



Ilustración 20 - NVR Hikvision de 8 canales con capacidad para dos discos duros<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Recuperada de <https://www.tp-link.com/co/>

#### 2.2.4. Almacenamiento.

EL NVR cuenta con capacidad para dos discos duros en su interior, debido a que no se requiere almacenar tiempos demasiado extensos se adquirió un solo disco 2TB de capacidad.



Ilustración 21 - Disco Duro Toshiba de 2TB<sup>12</sup>

La forma para calcular la capacidad de almacenamiento de nuestro proyecto depende de que tantos días requiramos para almacenar, tenemos en cuenta la siguiente formula:

$$\text{HDD} = (\text{cam\_bitrate}/8) * 3600 * 24 * \text{Qty\_cam} * \text{Qty\_days})/1\text{G}$$

- a) HDD = Cantidad de espacio en GB (Gigabyte)
- b) Cam\_bitrate = Ancho de banda de cámara
- c) 8 = convertir de bits a bytes
- d) 3600 = para convertir de segundos a horas
- e) 24 = para convertir de hora a día
- f) Qty\_cam = Número total de cámaras
- g) Qty\_days = Número total de días a grabar
- h) 1G = Dividir por 1G (1,000,000,000) para convertir de KB a GB

Adicionamos los datos a la fórmula de acuerdo a nuestra configuración:

$$\text{HDD} = (8192/8) * 3600 * 24 * 3 * 42)/1\text{G}$$

---

<sup>11</sup> Recuperada de <https://www.hikvision.com/es-la>

<sup>12</sup> Recuperada de <https://storage.toshiba.com>

HDD = 1,038 TB

Se observa que el tamaño de almacenamiento necesario para registrar al menos 42 días de grabación es de 1 TB.

#### **2.2.5. Sistema de alimentación.**

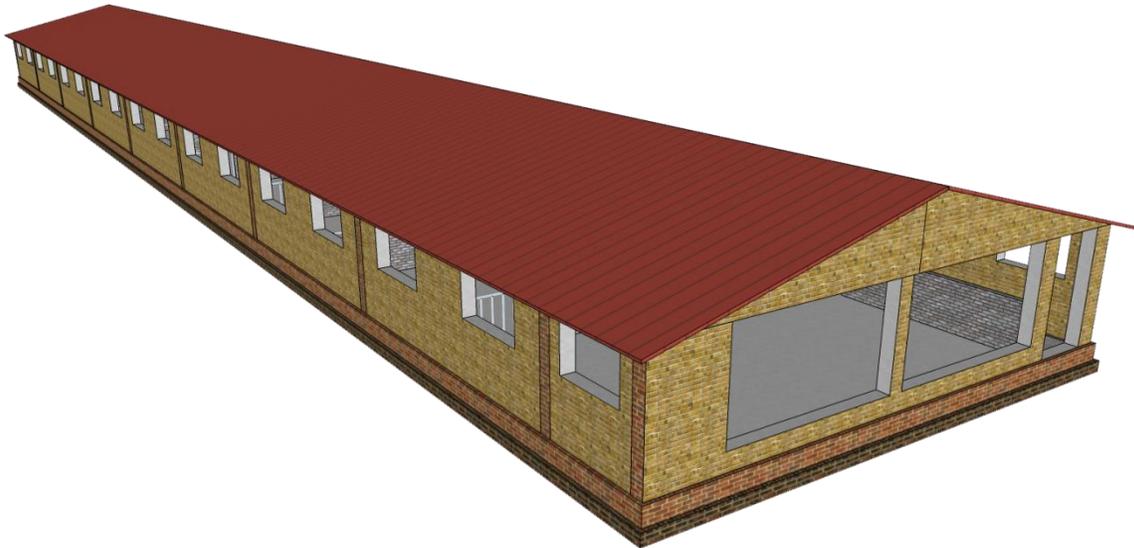
Para la protección de los equipos debido a que se encuentran en un área rural y la tensión no es constante y en algunos casos ocurren variaciones se utilizó una UPS interactiva de 1000va de la marca Power Back que incorpora un sistema de protección contra sobre cargas.



**Ilustración 22 - UPS interactiva para la protección de sistemas CCTV**

#### **2.2.6. Identificación del área de estudio.**

Es necesario tener en cuenta el lugar que se observara para el desarrollo de la investigación, debido a que nuestro principal objetivo es monitorear el comportamiento específico de las aves, debe seleccionarse un área en la que las aves van a estar en su ambiente en condiciones normales.

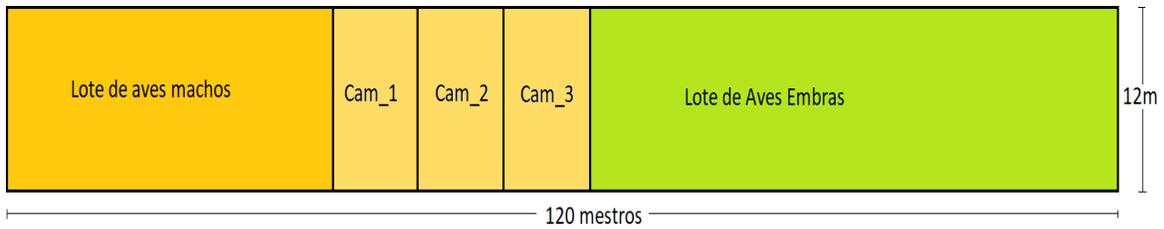


**Ilustración 23 - Modelo 3D de galpón de aves de corral.**

En el caso de los galpones de la granja avícola de la empresa Mascriollo.SAS se realiza la instalación en uno de sus galpones en el municipio de los patios. Debido a que solo se va a realizar un muestreo de estado de las aves, no se realizara el análisis en la totalidad del galpón, sino que se tomara un área más pequeña. El galpón tiene unas dimensiones de 12m de ancho por 120 de largo, lo que nos deja con un área de 1.440m<sup>2</sup> lo cual permite una capacidad máxima de 15.000 aves.

Ya que para un óptimo desarrollo de las aves es necesario separarlas por género, Internamente el galpón se divide en dos, una mitad para las hembras y la otra para el macho, esto permitirá que los machos no se impongan sobre las hembras y estas puedan alcanzar un tamaño y peso adecuados.

Se expone una pequeña representación de la forma en la que se divide el galpón y la ubicación de las cámaras para la toma de imágenes:



**Ilustración 24 - Distribución de Cámaras en el área de galpón**

### **2.2.7. Instalación de los equipos.**

Luego de la identificación del área de estudio se procede a determinar el lugar donde se almacenarán los equipos, para ello se dispone de una pequeña habitación ubicada a 10 metros del galpón, y 70 metros del punto de conexión de las cámaras. Para la protección de los equipos se utiliza un rack gabinete que permite el almacenamiento del NVR, la UPS y el cableado en general.



**Ilustración 25 - Rack gabinete para DVR**

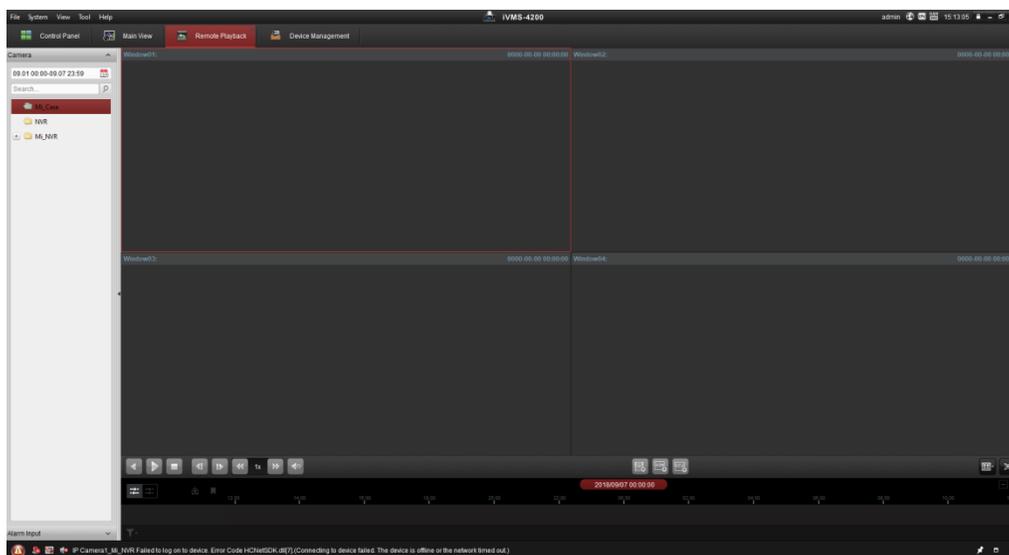
### **2.3. ADQUISICIÓN DE DATOS**

En relación a la adquisición de datos es importante señalar se registraran las grabaciones (video) de cada uno de los 42 días dispuesto para la cosecha del pollo; para esta adquisición se implementó un sistema de video monitoreo CCTV el cual permitirá registro de imágenes las 24 horas del día, gestión de video y registro de imágenes del tiempo de cría y levante de las aves en el galpón.



**Ilustración 26 - Software gestor de video hikvision**

Para la adquisición de los datos se utilizara el software de grabación y gestor de video “Intelligent Video Management System” de la empresa HIKVISION.



**Ilustración 27 - Interfaz software gestión de video hikvisión**

## **2.4. PROCESAMIENTO.**

Obtenida la data es necesario realizar el respectivo procesamiento de las imágenes ya que esta etapa del proceso se divide en:

### 2.4.1. Software de procesamiento

Finalizado la adquisición de datos es pertinente crear la base de datos para la cual se requiere el uso del software MATLAB; donde se construyó una data con cada una de las variables pre-establecidas y se cargaron de acuerdo a los indicadores señalados según la intensidad de respuesta (acciones observadas) en función a las cuarenta y dos días de cría; sin embargo, no se descarta que para el análisis de los datos se tomen elementos de marcada importancia dejado en evidencia en las grabaciones de video y los cuales se incluye a discrecionalidad del investigador para aclarar cualquier detalle considerado de alto valor y que es determinante en la producción de los pollos de engorde.

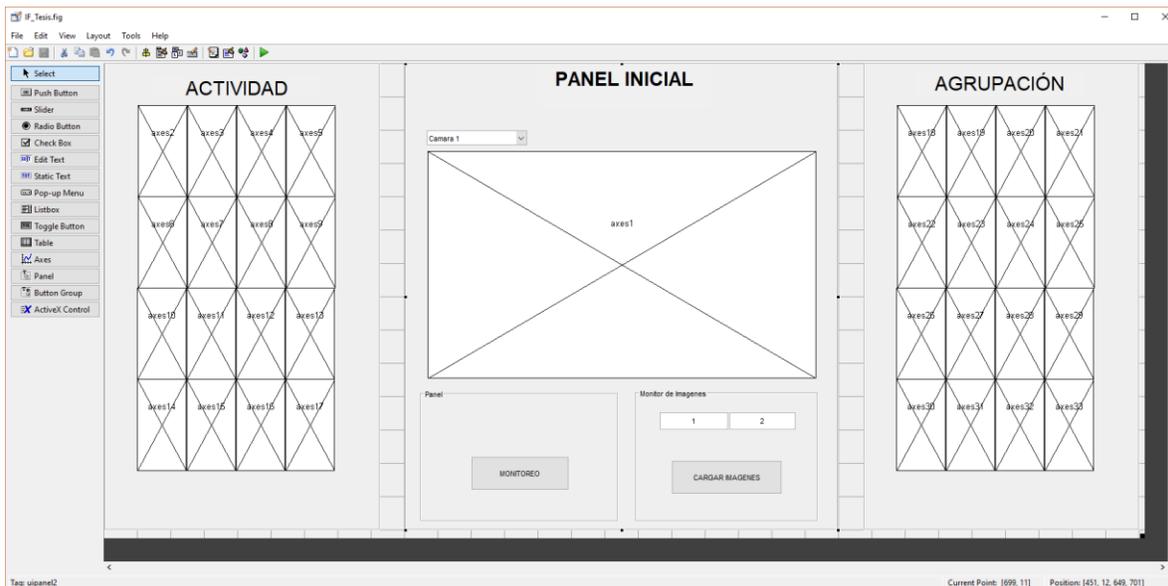


Ilustración 28 - Interfaz de monitoreo y seguimiento

Se presenta la interfaz gráfica elaborada en MATLAB para el procesamiento y clasificación de los datos. Es necesaria la realización de un pre acondicionamiento de los datos, ya que no es necesario trabajar con la totalidad de los datos de la matriz.

### 2.4.2. Acondicionamiento

En cuanto a esta parte es necesario tomar en consideración cuatro elementos fundamentales para la identificación de los pollos de engorde y se parte por una

revisión de la calidad del pollito en donde se deben prever las siguientes características:

- a. Pluma larga y bien seca.
- b. Homogeneidad en el tamaños del lote
- c. Condiciones lumínicas óptimas
- d. Los pollos deben estar libre de malformaciones.

Para el acondicionamiento de las imágenes se tienen en cuenta varios aspectos a resaltar, primeramente se subdivide la imagen principal en cuadros más pequeños que permitan ajustar parámetros diferentes en cuanto a iluminación y distribución de las aves, para facilitar este análisis se pretende instalar una rejilla y realizar identificación de actividad en las distintas zonas del galpón, remarcando con un color característico cuando ocurra o una sobrepoblación de aves o una actividad anormal y repentina que involucre el desplazamiento de una parvada significativa ya que ambos patrones indican actividad anormal en dicha zona.



**Ilustración 29 - Rejilla de división de imagen**

En cuanto a la distribución de las aves en el galpón es fundamental realizar una identificación de la cantidad de aves en cada una de las sub-zonas establecidas mediante la rejilla, para el conteo de las aves se busca realizar selección de los objetos cuyo plumaje corresponda al de las aves discriminándolas del entorno

como es el suelo, comederos u contornos que no correspondan con las aves dentro del galpón. Para ello técnicas de procesamiento de imágenes como binarización, resta de imágenes, agrupación por áreas y segmentación serán necesarias para lograr identificar únicamente las aves en la superficie.

### 2.4.3. Segmentación

Entendemos por segmentación el proceso de llevar una imagen a sus partes constituyentes, con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen, para ello debemos tener en cuenta los atributos principales de las imágenes como son: luminancia en imágenes monocromáticas, componentes del color, textura forma etc. (Laserna Palomino & Roman Concha, 2009)

Para realizar el procesamiento de las imágenes iniciamos por aplicar algunas técnicas que me permitirán extraer de la imagen las áreas específicas en las que encontramos a las aves, algunas de las técnicas empleadas son:

- Operaciones entre imágenes

Buscamos identificar un color característico, en nuestro caso el plumaje de las aves y poder contrastarlo con el fondo del galpón, debido a que no podemos restar la imagen original porque se anularía realizamos una descomposición para separarla en sub-imágenes, estas sub imágenes corresponden a sus colores primarios, rojo, verde y azul. Se realiza resta de imágenes punto a punto entre las sub matrices según la siguiente formula:

$$c(x, y) = abs(a(x, y) - b(x, y))$$

La imagen resultante y de nuestro interés debe ser la que corresponda a un realce en el color del plumaje de las aves (Aristizábal Ramírez & Ramírez Martínez, 2006).

- Binarización por umbralización

Teniendo en cuenta los diferentes operadores que se utilizan al realizar operaciones entre matrices analizamos el operador umbral el cual asigna dos

únicos valores dependiendo si está por encima o por debajo del umbral seleccionado, para ello se realiza la operación pixel por pixel según lo describe la siguiente ecuación:

$$q(x, y) = 0 \quad \text{para } p(x, y) < \text{umbral}$$

$$q(x, y) = 255 \quad \text{para } p(x, y) > \text{umbral}$$

La imagen resultante proporcionara el contraste entre los objetos presentes en la imagen y el fondo de la imagen.

- Método de Otsu

A diferencia de las otras técnicas de umbralización, la importancia del método de Otsu radica en que es automático, es decir, no necesita supervisión humana ni información previa de la imagen para aplicar su procedimiento. En este método entendemos una imagen como una función bidimensional de la intensidad del nivel de gris, y contiene N pixeles cuyos niveles de gris se encuentran entre 1 y L. Detallamos entonces que es posible determinar la probabilidad de ocurrencia de un nivel de gris en la imagen y está dada por:

$$p_i = \frac{f_i}{N}$$

Para obtener una imagen umbralizada en dos niveles (binarización) ,dividimos los pixeles en dos clases: C1, con niveles de gris correspondientes a (1,...,t) Y C2 con niveles de gris (t+1, ..., L) (Universidad Nacional de Quilmes - Segmentación por Umbralización - Metodo de Otsu, 2005). Obtenemos así la distribución de probabilidad de distribución de los niveles de gris:

$$C_1 = \frac{p_1}{\omega_1(t)}, \dots, \frac{p_t}{\omega_1(t)}$$

$$C_2 = \frac{p_{t+1}}{\omega_2(t)}, \frac{p_{t+2}}{\omega_2(t)}, \dots, \frac{p_L}{\omega_2(t)}$$

Aplicar este método me permitirá realizar umbralización sin importar las condiciones lumínicas de la imagen, por supuesto mientras no se encuentren variaciones muy significativas de luz en la imagen, se utiliza principalmente para las imágenes con poca iluminación.

## **2.5. CLASIFICACIÓN**

La clasificación se hace en base a dos parámetros principales, la distribución de las aves en el galpón y el nivel de actividad que presentan esas aves diferentes zonas:

a) Distribución de las aves en el galpón.

El objetivo de la investigación plantea que utilizando visión artificial y técnicas de procesamiento de imágenes sea posible identificar la cantidad de aves en determinada zona del galpón y en base a ello pueda determinar que esa cantidad corresponda a un parámetro normal de distribución. Caso contrario si el algoritmo determina que la población excede las condiciones normales se procederá a generar una alarma anunciando una posible situación presentada en el galpón.

b) Nivel de actividad

Otro de los parámetros importantes en la investigación corresponde al nivel de actividad de las aves en cada una de las zonas en las que se dividió el galpón, dicho parámetro se obtiene de comparar el estado actual de las aves (posición y cantidad) con el estado inmediatamente anterior, identificando si el número de aves que altero su comportamiento corresponde a un parámetro normal o si por el contrario corresponde a un agente externo que está alterando el estado de las aves.

## **2.6. VALIDACIÓN DE RESULTADOS**

Para la validación de los resultados se implementan los algoritmos desarrollados en la data registrada. Se plantean varios niveles de detección especialmente en la actividad.

Es válido destacar que una vez realizado todo el proceso de acondicionamiento y segmentación de las imágenes debemos contrastar los datos obtenidos por el programa con los objetos reales en la imagen, esta comparación identifica el porcentaje de error presente el conteo de objetos y determinar la confiabilidad del resultado.

Para el monitoreo de la actividad de los pollos realizaremos múltiples ejercicios en los que se somete al programa a identificar situaciones de comportamiento anormales en las aves, y de dichas perturbaciones a las que se somete el sistema cuantas puede identificar efectivamente.

Finalmente el objetivo principal es desarrollar una herramienta que permita identificar situaciones o eventos que produzcan estrés en las aves, mediante algoritmos que identifiquen y parame tricen esas alteraciones del comportamiento y que puedan ser prevenidas eficientemente.

## **2.7. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

En cuanto a la información recolectada es importante tener en cuenta los objetivos específicos previstos que al final permiten visualizar el alcance del objetivo general que en este caso se enmarca en: Diseñar un sistema de visión artificial para identificar características anormales en el comportamiento del pollo de engorde de la Granja avícola MASCRIOLO.SAS de la ciudad de Cúcuta. De hecho, mencionado objetivo se logra alcanzar mediante cada uno de los objetivos específicos y en este caso en primer lugar se enmarco en implementar un sistema de monitoreo continuo basado en captura de imágenes que enmarque el área específica de estudio. Aspecto que se logró evidenciar de acuerdo a la

presentación de resultados mediante la instrumentación de los equipos y las imágenes que surgieron de cada uno de los cuadros captados por las cámaras.

De igual manera se evidencio que para recolectar los datos e identificar fallos que alteren el comportamiento de las aves, dejo claro que es pertinente tener en cuenta los sistemas de temperatura, de aireación, de ventilación, alimentación e hidratación con la intención de visualizar cualquier comportamiento anormal en relación a cada uno de los sistemas para poder implementar los correctivos necesarios que conlleven a que se logre una producción acorde con lo que se les suministra a los pollos y a la vez se deje evidenciar que de un buen trato a los animales se logre mayor calidad en el producto.

Por otra parte, en relación a la sistematizar la información relevante del objeto de estudio encontrada a lo largo de la investigación; es importante indicar que dada la importancia de los datos encontrados conviene tener presente que de los fallos evidenciados se colocan correctivos a fin de garantizar calidad en los procesos de producción lo que deja claro que la inversión se convierta en un gasto reflejado en la calidad del producto. Igualmente, al analizar la clasificación e identificación de los fallos que pueden alterar el comportamiento de las aves, se deja entrever que desde dicha perspectiva se logra establecer un marcaje de aves que permita su clasificación de acuerdo a algunas características de genética y de raza como por ejemplo plumaje grande y tupido, patas gruesas y ojos brillantes entre otras características.

En relación a validar los resultados encontrados con la misión de hacer el control y seguimiento del proyecto, se deja claro que de dicha observación se logra tener un control detallado del grupo de animales y de su comportamiento; lo que indica que mediante el monitoreo se pueden de emplear pruebas de genética y alimentación para visualizar el comportamiento de las aves y por ende verificar la calidad de la producción lo que conlleva a una satisfacción propia del consumidor.

Partiendo de los resultados es significativo tener presente que con el presente proyecto se logre alcanzar rentabilidad y calidad en el producto, lo que conlleva a determinar que dentro de ese panorama el proyecto de pollos de engorde se convierte en una inversión rentable puesto que mediante el análisis de

los fallos permite controlar la alimentación, la hidratación, temperatura entre otros aspectos.

# **CAPÍTULO III**

## **RESULTADOS**

A continuación se muestran los resultados más relevantes en la implementación del sistema, se resalta:

### **3.1. ÁREA DE ESTUDIO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS.**

Para la selección del lugar objeto del estudio se identificó que cumpliera con características para la toma de imágenes, entre ellas una altura generosa al techo que permitiera obtener capturas de un área más grande con una concentración de población de aves mayor. También se tuvo en cuenta las condiciones de iluminación ya que incide directamente en la toma de datos y calidad de las imágenes. En la ilustración N° 30 se observa el galpón en el que se instalaran los equipos antes de recibir los pollitos de un día.



**Ilustración 30 - Visión del Espacio Objeto de Estudio**

Teniendo en cuenta que las primeras etapas en el desarrollo de las aves deben aislarse completamente de la intemperie y que este aislamiento disminuye considerablemente la luz que ingresa al galpón, a pesar de los bajos niveles de iluminación los sensores ópticos de la cámara utilizada para la captura lograron obtener imágenes idóneas para los resultados de la investigación.

Luego se procede a verificar la configuración de los dispositivos antes del proceso de instalación, es importante que no halla conflicto de IPS y que la información sea fluida. El NVR dispone de 8 puertos para la captura de imágenes, pero para la realización del estudio únicamente se utilizó tres. En la ilustración 31 Se observan los equipos conectados y funcionando un día antes de la instalación.



**Ilustración 31 - Sistema de Captura de Imagen**

El proceso de instalación se complementó con la instalación de un bastidor (rack) para restringir el acceso a los dispositivos, es muy importante mantener al

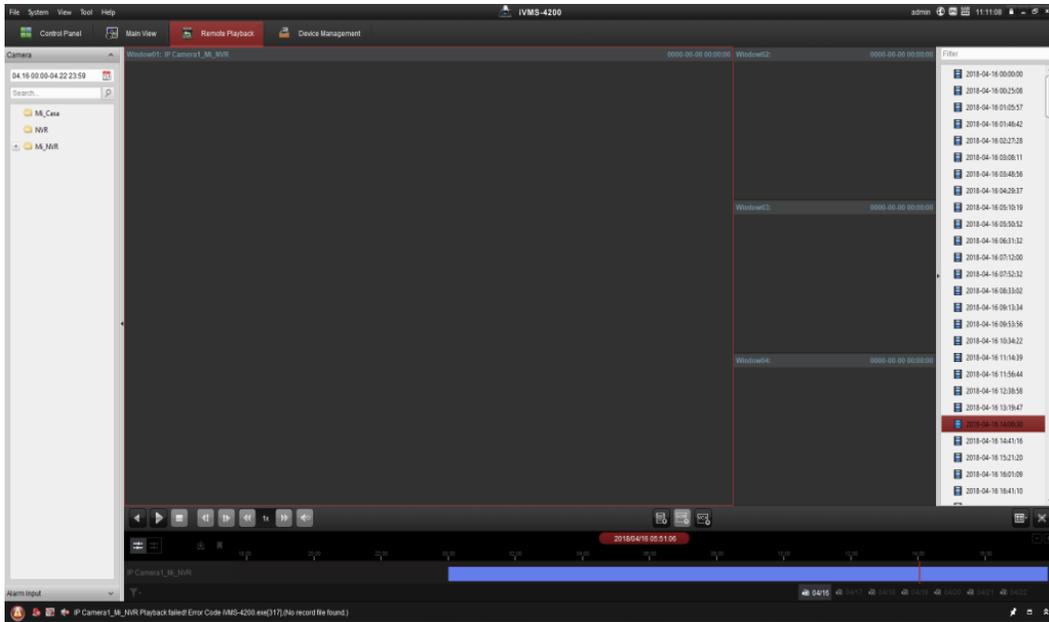
máximo la seguridad de los implementos ya que situaciones climáticas adversas podrían dañar los equipos. En este aspecto es necesario considerar la parte de seguridad de la información con la intención de tener fidelidad en las imágenes y un acercamiento al movimiento dentro del galpón lo que permite analizar con claridad el movimiento de las aves y su comportamiento sin ninguna interferencia. En la ilustración 32 se observa la instalación de los equipos en la estación de control apartado a 60 metros del galpón.



**Ilustración 32 - bastidor (rack)**

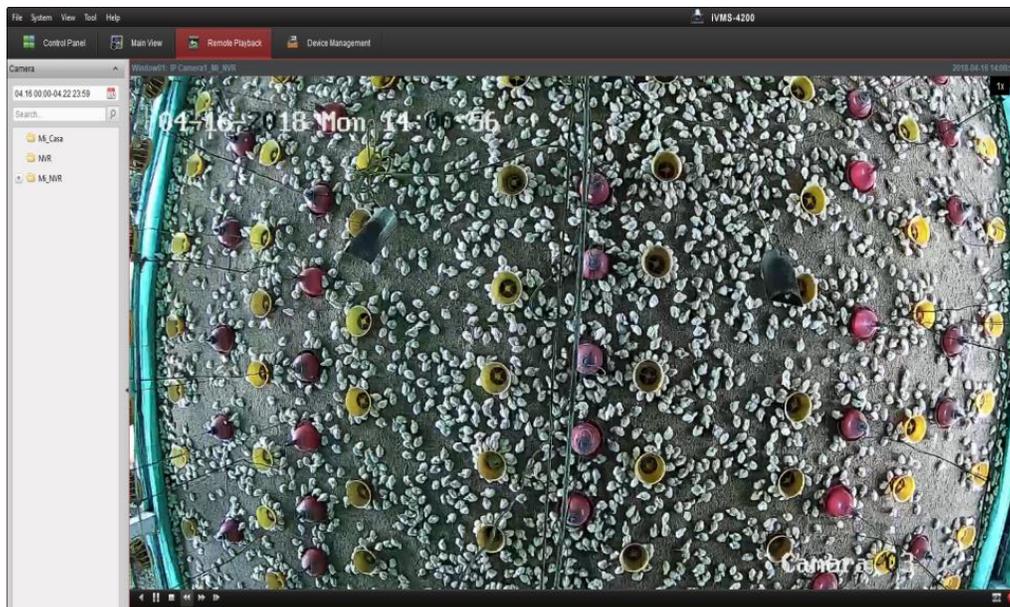
### **3.2. SOFTWARE Y HARDWARE DE ADQUISICIÓN Y REGISTRO IMÁGENES**

El sistema de registro de imágenes se basa en el dispositivo NVR DS7608NIE2 de hikvisión que realiza el almacenamiento de video de los 45 días que dura el proceso de levante y engorde de las aves. Lo que contribuye a un análisis minucioso y detallado las 24 horas al día. En la ilustración 33 se muestra el software de registro de imágenes el cual alberga la data almacenada.



**Ilustración 33 - Registro de imágenes se basa en el dispositivo NVR DS7608NIE2 de hikvisión**

El área cubierta por cada cámara es de 66 m<sup>2</sup> correspondientes a 12 x 5,5 metros lo cual se ajusta al ancho del galpón según se había contemplado en el pre diseño, es importante tener en cuenta que el radio de acción de la cámara permite tener una apreciación clara del comportamiento de las aves lo que conduce a establecer inferencias acordes para una interpretación adecuado de los diferentes aspectos que acontecen dentro del galpón.



**Ilustración 34 - Área de cubrimiento de cámara**

La ilustración 34 deja claro que dentro del galpón los pollitos bebés se agrupan hacia donde se encuentra la comida y el agua, teniendo presente que en todo momento están en manadas a raíz de que requieren una temperatura alta y por lo tanto la tendencia es a estar agrupados para mantener el calor entre ellos; en efecto esto permite que en el galpón de cría se mantenga una temperatura acorde a las exigencias de la cantidad de pollos que se encuentran en el lugar que se dejan entrever en las imágenes captadas en el lugar, lo que concluye en una inferencia sobre el comportamiento de las aves y es necesario implementar sistemas de temperatura artificial lo que contribuye a que los pollos estén constantemente consumiendo agua y disminuyan el consumo de alimento sólido; lo que deja claro como es el comportamiento del pollo bebé los primeros días en el galpón.

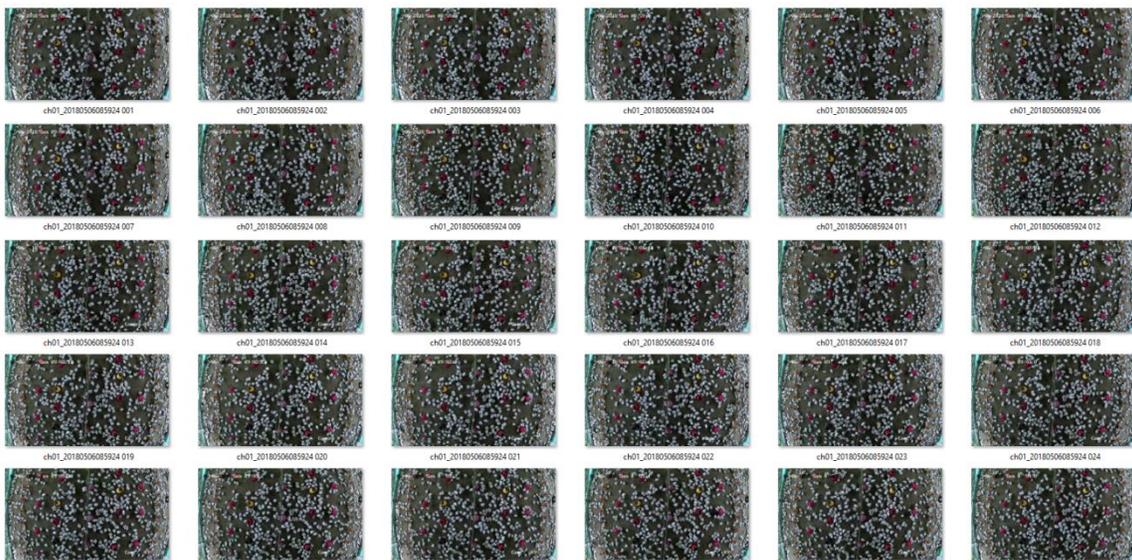
### 3.3. SOFTWARE DE EXTRACCIÓN DE IMAGENES

Utilizando el programa “Free Video to JPG converter v. 5.0.101 build 201” mostrado en la ilustración 35 se descompone los videos en capturas con intervalos de 10 segundos entre ellas para realizar posteriormente el pre procesamiento.



Ilustración 35 - Programa “Free Video to JPG converter v. 5.0.101 build 201

Se logran obtener capturas con intervalos de 10 segundos lo cual permite manejar una data de aproximadamente 8640 imágenes por día; mencionado software es empleado para convertir imágenes en videos o viceversa y se emplea en este caso para el análisis de cada uno de los cuadros tomados a ciertos intervalos con la intención de visualizar el comportamiento de las aves en relación a la alimentación y agua para determinar consumo y comportamiento frente a estas variables; asís mismo conviene tener presente que se puede hacer un marcaje de las imágenes para poder comparar y emitir juicios sobre el comportamiento del grupo de aves dentro del galpón de cría. Se observa las capturas en la ilustración 36.



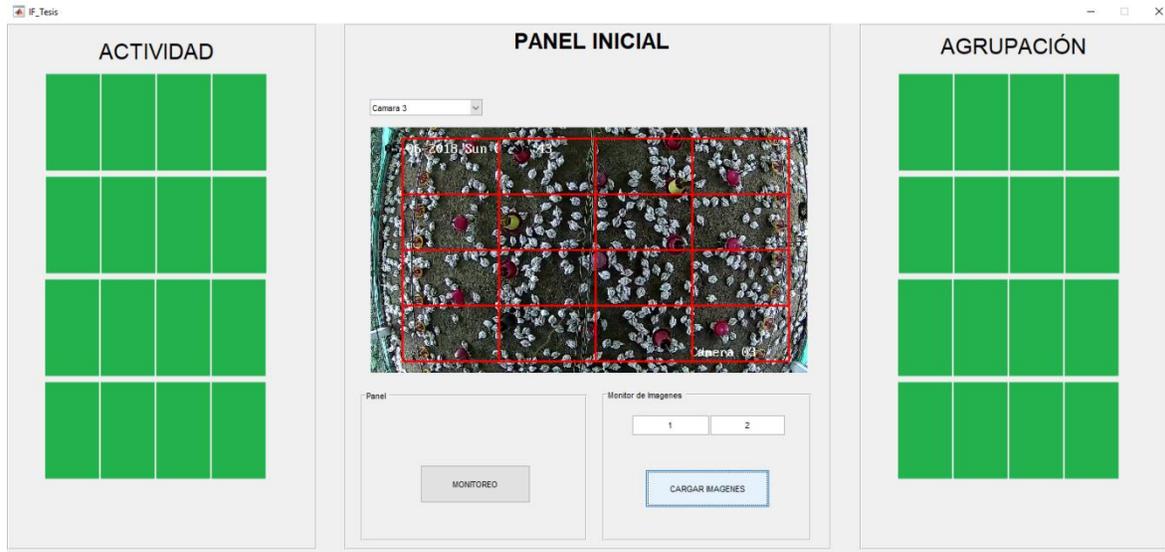
**Ilustración 36 - Capturas con Intervalos de diez segundos**

### **3.4. PRE-ACONDICIONAMIENTO DE IMAGENES**

El proceso de pre-acondicionamiento de una imagen ajusta la imagen a los requerimientos del procesamiento, se realizó básicamente en dos pasos: Escala de grises y división en segmentos. Se desarrolló también una interfaz para facilitar la visualización del procesamiento y las alarmas que emita el sistema.

El principal objetivo de la interfaz de procesamiento es mostrar el proceso de captura, la visualización de la rejilla de análisis y la distribución de las aves en el

área de estudio, para ello se muestra una representación por colores de las zonas distribuidas que permita resaltar las zonas más pobladas. Se detallan la información anterior en la ilustración 37.



**Ilustración 37 - Visualización de la interfaz de monitoreo**

Se agrega otra representación similar a la de distribución de las aves pero a diferencia de la anterior se visualizará las zonas que posean mayor actividad.

Debido que la imagen completa es muy grande se fragmenta en 16 partes para realizar un proceso más detallado como se muestra en la ilustración 38.



**Ilustración 38 - La imagen se fracciona en pequeños recuadros de 245 x 425 píxeles.**

Se realiza conversión de la imagen a escala de grises como se observa en la ilustración 39 para aplicar los procesamientos en los diferentes niveles de gris.

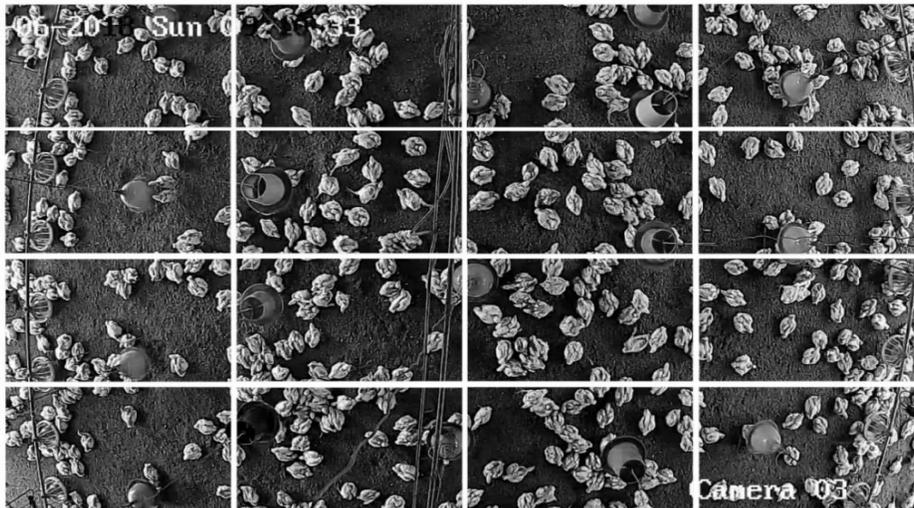


Ilustración 39 - funciones de Matlab para Caracterización

### 3.5. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

En el proceso de procesamiento digital de imágenes (PDI) realizamos la segmentación de la imagen, la descomponemos en sus colores primarios (ilustración 40) buscando identificar mediante operaciones entre imágenes realce en los colores a identificar que está representado por el plumaje de las aves.

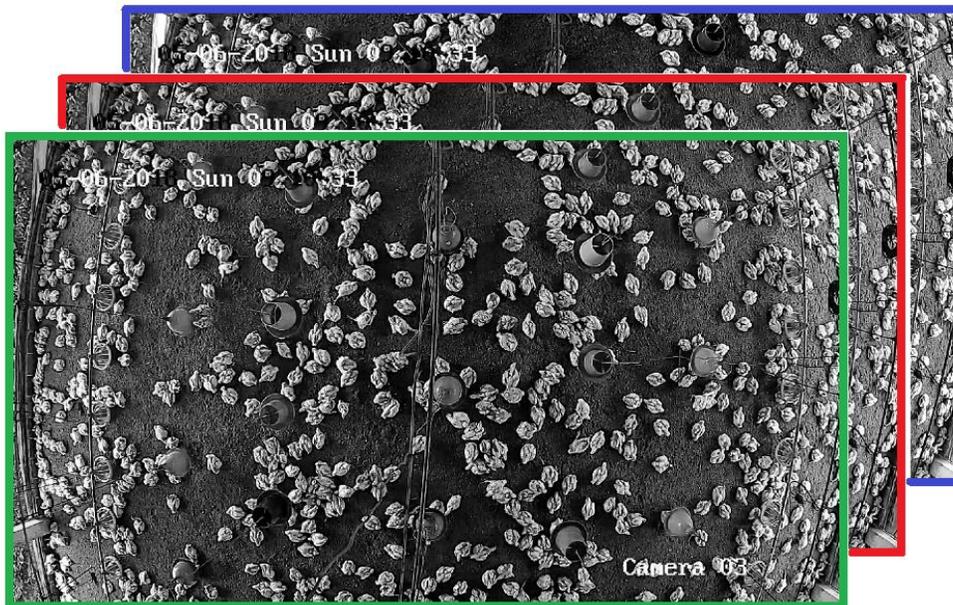


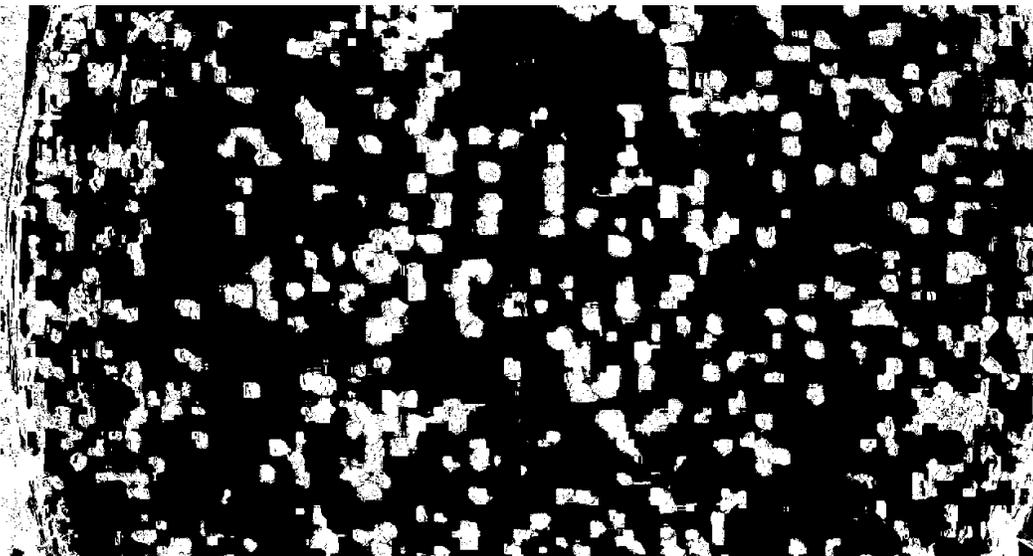
Ilustración 40 - Análisis de Imágenes

Realizando resta de imágenes se logra identificar realce de las aves restando la imagen primaria de color azul y color rojo. Allí se logra evidenciar como resalta el color del plumaje.



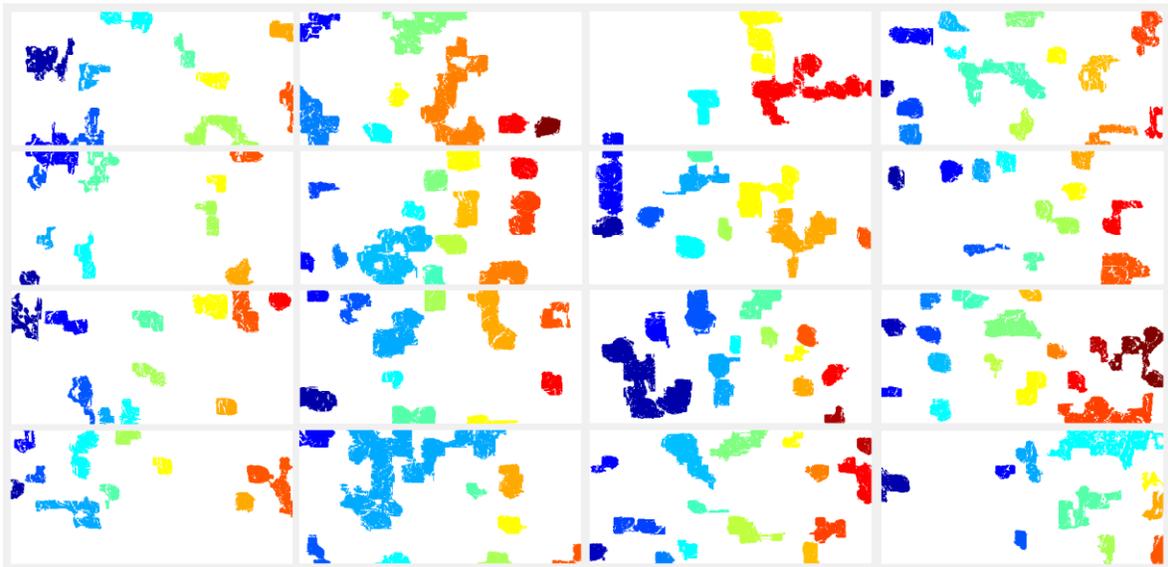
**Ilustración 41 - Imagen de Contraste**

Se realiza binarización de la imagen para contrastar los objetos a identificar, se observa en la ilustración 42 como se discrimina a las aves del fondo.



**Ilustración 42 - Binarización de Imagen**

Utilizando propiedades de regionalización y etiquetado (bwlabe, regionprops) se logra caracterizar por áreas cada uno de las sub-matrices creadas, identificando las distintas aves o parvadas en las imágenes extrayendo el área, centroide y eje mayor y menor de cada objeto, como lo muestra la ilustración 41.



**Ilustración 43 - Análisis de cuadros agrupados por Áreas**

Se analiza cuadro a cuadro agrupando las áreas resaltadas de la imagen, el objetivo es mediante cálculos de área determinar si una agrupación contiene determinada cantidad de aves y realizar un conteo aproximado del número de estas, en la ilustración 42 se observa el etiquetado de las áreas.



**Ilustración 44 - Conteo Aproximado de Aves**

Dividiendo la imagen principal en sub-matrices también es posible identificar de forma más eficiente los niveles de actividad en dichos sub-espacios, la idea

principal es realizar comparativa entre la posición anterior de las aves y la posición actual para determinar la cantidad que realizaron desplazamiento.

### 3.2.1. Caracterización

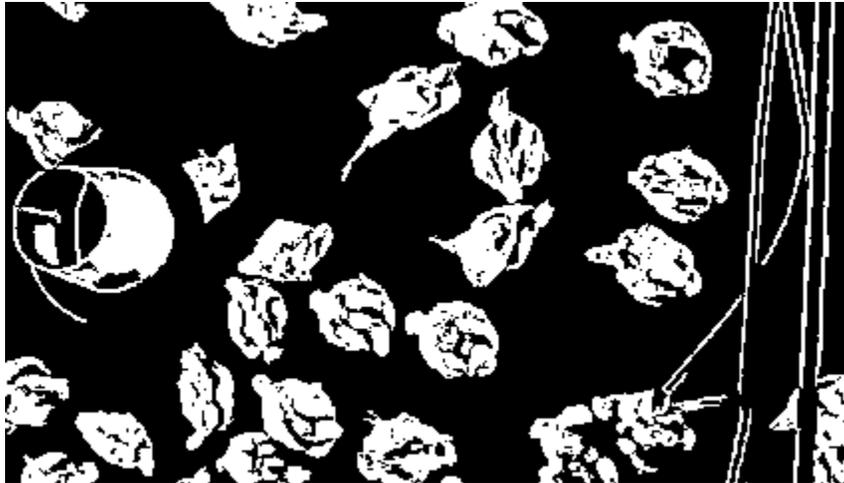
Detallamos a continuación las fases en las que se toman las sub-matrices y se realiza procesamiento en cada uno de ellas

- a. Realizamos captura de la imagen pasando a escala de grises, este procedimiento se realizó en el pre-acondicionamiento, la ilustración 45 muestra el resultado de ese procedimiento.



Ilustración 45 - Imagen en escala de grises del recuadro N° 7

- b. Aplicamos binarización por método de Otsu para contrastar el fondo de la imagen con los objetivos como se muestra en la ilustración 46



**Ilustración 46 - Binarización de la imagen**

- c. Tomamos la sub-matriz con la resta de imágenes mostrado en la ilustración 41 en la que se realza el color de plumaje de las aves, para obtener esta imagen realizamos operaciones entre matrices en la que restamos el componente verde y azul de la imagen principal. La sub-matriz generada corresponde a la ilustración 47.



**Ilustración 47 - Realce del color de plumaje con dilatación**

- d. Se realiza nuevamente binarización de la imagen cambiando el umbral de luminancia.

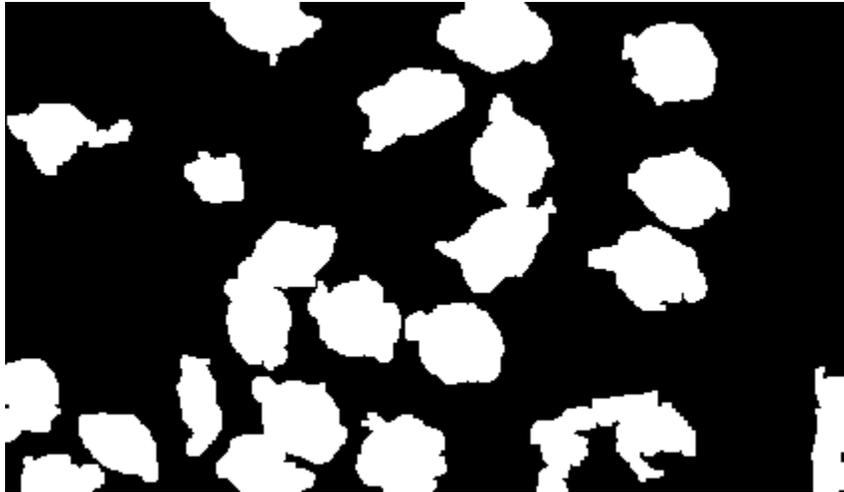


Ilustración 48 - Se vuelve a realizar binarización a las imágenes segmentadas.

Se observa que se ha logrado una muy buena identificación del área de las aves combinando la binarización y dilatación como técnicas de proceso y ajuste de imagen. Procedemos a realizar agrupación de áreas y etiquetado para identificar la cantidad de aves en la imagen.

#### **4.2.1. Clasificación**

Para clasificar la información nos enfocamos en dos aspectos muy importantes, primero en la densidad de aves por área de análisis y el patrón de actividad también en cada área analizada.

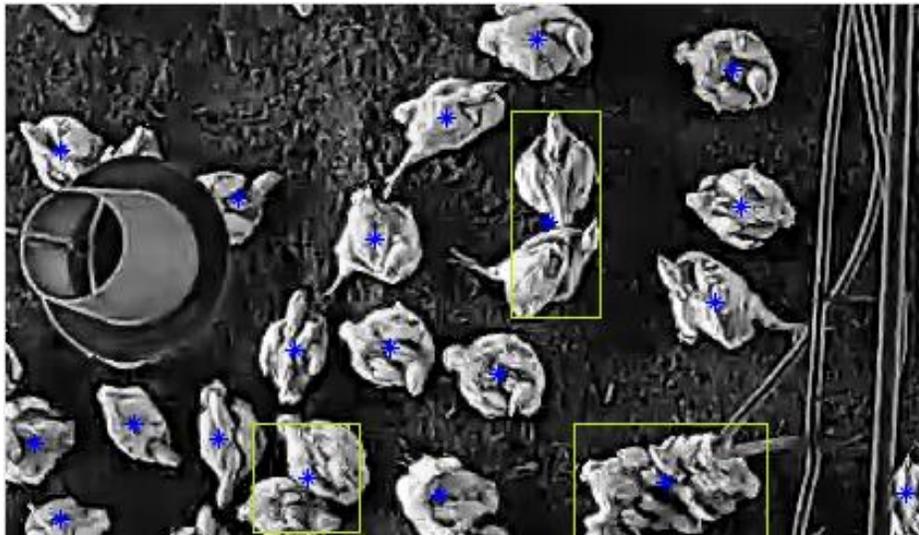
##### **4.2.1.1. Densidad de población o parvada.**

Se realiza identificación de objetos por agrupación de áreas y etiquetado poblacional, se representa en la ilustración 49 las agrupaciones e individualizaciones de aves.



**Ilustración 49 - Agrupación y etiquetado de objetos en la imagen**

Para el conteo de los objetos es necesario identificar el tamaño de las áreas, en base a esta se determina si un área específica corresponde a un ave o a una parvada ya que existen probabilidades muy altas de que varias aves agrupadas en un mismo lugar el algoritmo las identifique como un unico objeto.



**Ilustración 50 - Visualización de áreas con más de un objeto**

En base al tamaño de las aves de la ilustración 50 se define si un área que corresponde a un ave o a una parvada, seguidamente se procede a dividir el área total por el área determinada para un ave y en base a esto se toma una aproximación de la cantidad que componen la parvada. Así obtenemos un valor

aproximado del número de aves que se encuentran en dicha área. Este dato lo almacenamos en un vector que me dirá la cantidad de aves presentes en cada una de las 16 zonas analizadas

#### 4.2.1.2. Nivel de actividad de las aves.

En base a la posición de los objetos en una imagen y comparándolos con el estado anterior, se busca identificar si en un momento determinado cierta cantidad de aves cambio de posición con respecto la captura anterior. En la ilustración 51 se observa las aves y los centroides que indican su posición.

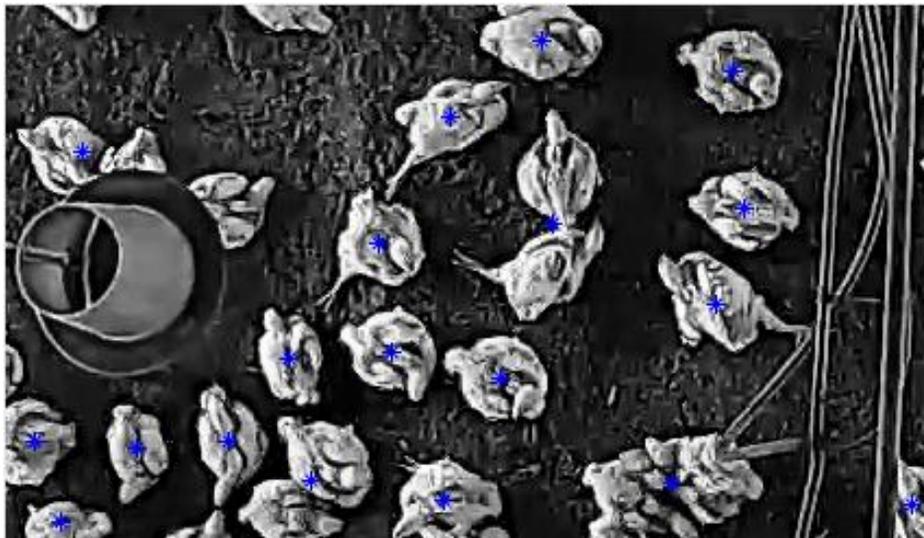
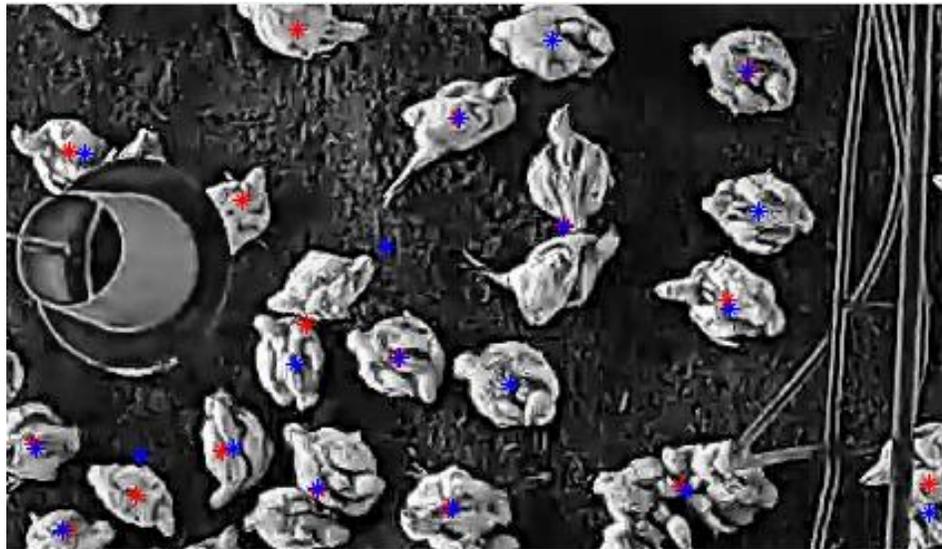


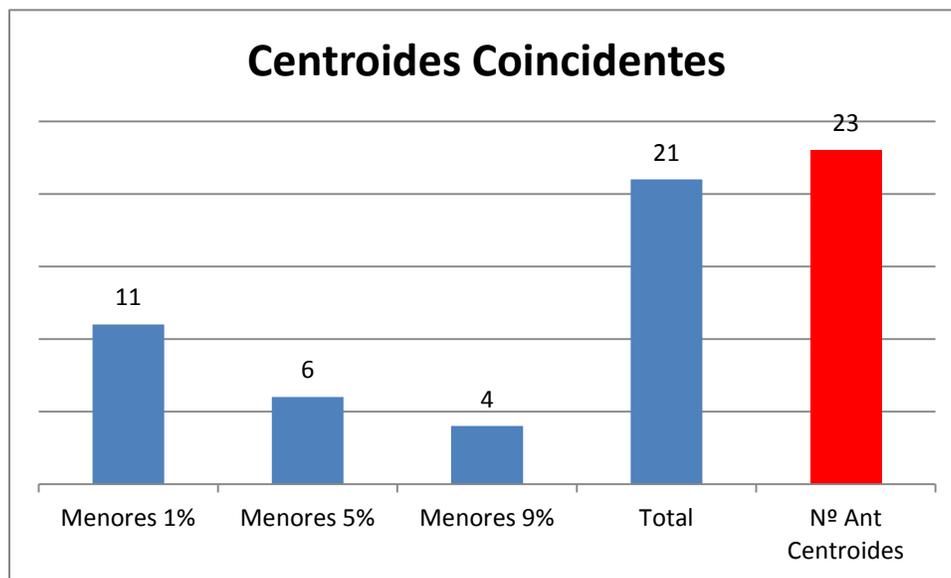
Ilustración 5 - Visualización de centroides en un estado anterior

Para ello se superponen los centroides de la captura actual como se muestra en la ilustración 52 con los centroides de la captura anterior y se comparan para determinar un porcentaje de variación con respecto a su estado anterior.



**Ilustración 51 - Superposición de centroides actuales y anteriores**

Tomando la cantidad de centroides que coinciden al menos en un 15% con los centroides de la imagen anterior se sub-clasifican dependiendo de su porcentaje, menores al 1%, entre 2% y 5%, entre 6% y 9%, de esta agrupación se determina si el porcentaje de centroides que coinciden se encuentra dentro de un rango y por medio de él estimar si corresponde a una situación de estrés en las aves.



**Ilustración 52 - Representación gráfica de la variación de objetos**

Podemos analizar la gráfica de la ilustración 51 un poco más en detalle, es importante resaltar que en el conteo de individuos el algoritmo indicó que 21 aves se encuentran en la misma o muy similar posición a como se encontraban 10

segundos atrás, si bien no podemos asegurar que las aves que se corresponden con los centroides sean las mismas de la imagen anterior, si existe una probabilidad muy alta de que coincidan. En esta grafica podemos identificar que no hubo un acontecimiento que alterara el estado de las aves.

Se ilustra también una situación específica en la que se observa una alteración significativa de la actividad, se observa en la ilustración 54 estado anterior al evento:

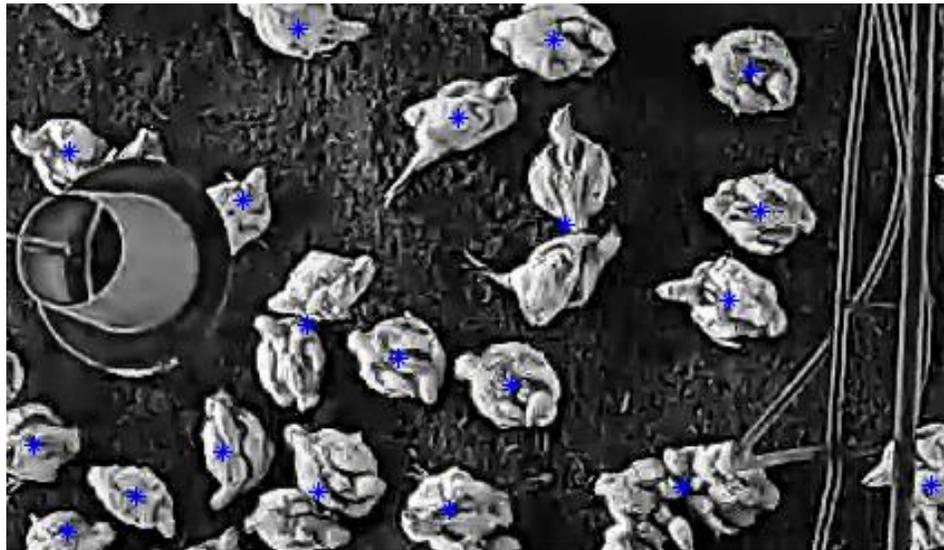
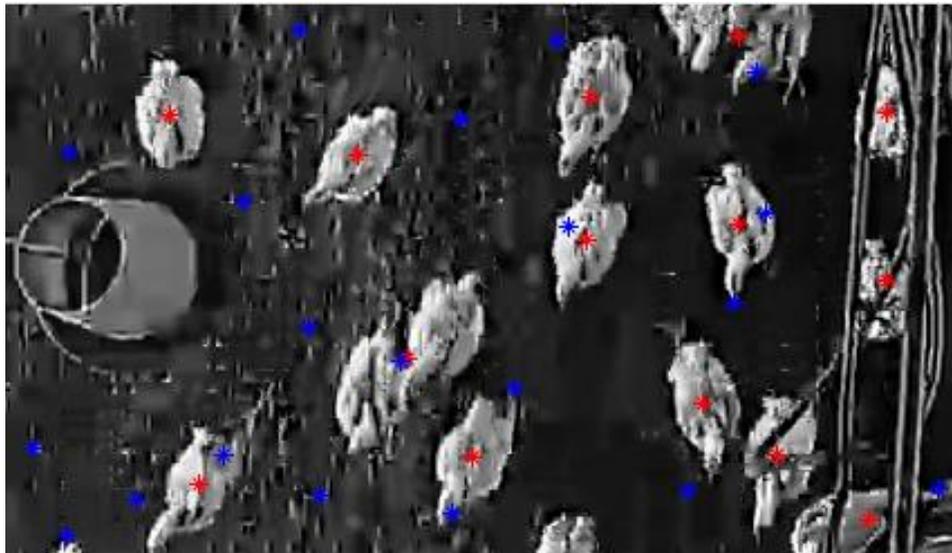


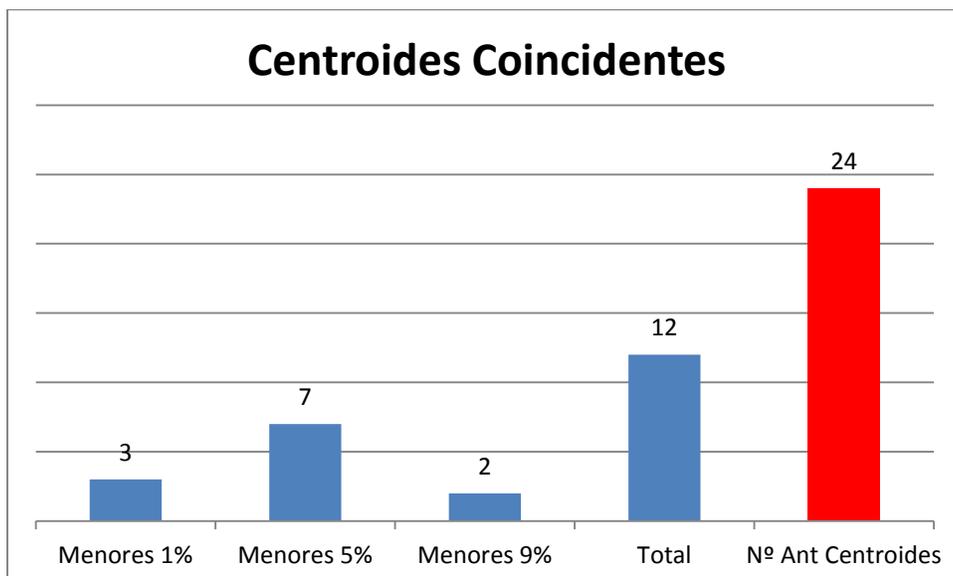
Ilustración 53 - Visualización de centroides en estado anterior a situación específica.

Según la ilustración 54 se puede observar el gran desplazamiento que hubo de aves y como la cantidad de centroides coincidentes se reduce drásticamente, patrón que permite identificar que una situación anormal está aconteciendo en el galpón de las aves.



**Ilustración 54 - Superposición de centroides en situación**

De la misma forma podemos observar en la gráfica que se reduce el número de centroides coincidentes en un alto porcentaje con respecto al dato anterior alterando incluso la pendiente representativa de aves coincidentes.



**Ilustración 55 - Representación gráfica de la variación de objetos con alta variación de la actividad.**

Analizando la ilustración 55 que contraria a la anterior no mostraba cambios significativos, se observa que en este caso solo 12 de los centroides coinciden con

los de una posición anterior indicando que un acontecimiento relevante ha ocurrido y un alto porcentaje de aves se ha desplazado de su posición anterior.

#### 4.2.2. Validación de resultados

Realizadas la toma de datos e implementados los algoritmos, se analiza desde los dos principales parámetros utilizados el margen de error presente tanto en el conteo de las aves como en la identificación de los niveles de actividad presentes.

Para la detección de población de aves se obtienen los siguientes resultados en el conteo de objetos verificando 10 muestras como se muestra en la tabla 2 y comparando el número obtenido por el programa y el número real de aves en la imagen realizando el conteo manualmente

**Tabla 2 - Error presente en la muestra poblacional**

<b>Muestra</b>	<b>Numero de Aves Software</b>	<b>Numero de Aves Valor Real</b>	<b>% Error</b>	<b>% Acierto</b>
1	7	8	12,5%	87,5%
2	7	8	12,5%	87,5%
3	37	41	9,7%	90,3%
4	38	40	5,0%	95%
5	38	40	5,0%	95%
6	10	5	100,0%	0%
7	16	16	0,0%	100%
8	24	24	0,0%	100%
9	22	23	4,3%	95,7%
10	23	23	0,0%	100%

Se observa que a menor población de aves el porcentaje de error se incrementa, esto debido a que el valor de la muestra se mide a la cantidad de objetos, y entre menor cantidad mayor la probabilidad de error respecto a la población total.

En cuanto a la detección de actividad se introducen variaciones de actividad en el programa identificando previamente si existe actividad entre los recuadros, se registra la respuesta del sistema. Este ejercicio lo realizamos un determinado número de veces y se analiza la cantidad de situaciones en las que el algoritmo registro los cambios, la tabla 3 registra estos cambios.

**Tabla 3 - Numero de muestras y respuesta del programa ante la data**

Muestra	¿Hay Actividad?	Respuesta del Programa
1	NO	NO ACTIVIDAD
2	NO	NO ACTIVIDAD
3	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
4	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
5	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
6	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
7	NO	ACTIVIDAD DETECTADA
8	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
9	NO	ACTIVIDAD DETECTADA
10	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
11	SI	ACTIVIDAD DETECTADA
12	NO	NO ACTIVIDAD

Se observa que según el número de muestras el programa plantea un porcentaje de acierto del 83%, de acuerdo a las 12 muestras suministradas en las cuales se introdujo a propósito situaciones en las que se requiere detección por parte del programa.

**Tabla 4 - Error en la detección de actividad**

Muestras	Aciertos del programa	% Error	%Aciertos
12	10	17%	83%

Teniendo en cuenta los dos parámetros a detectar el algoritmo identifica efectivamente la cantidad de aves de una zona en un 85,1% y la actividad presente en el área del galpón con un porcentaje de acierto de 83%, se relacionan los datos aca mencionados en la tabla 5.

**Tabla 5 - Tasa de error general**

Parámetro	% de Error	% Aciertos
Distribución	14,9%	85,1%
Actividad	17%	83%

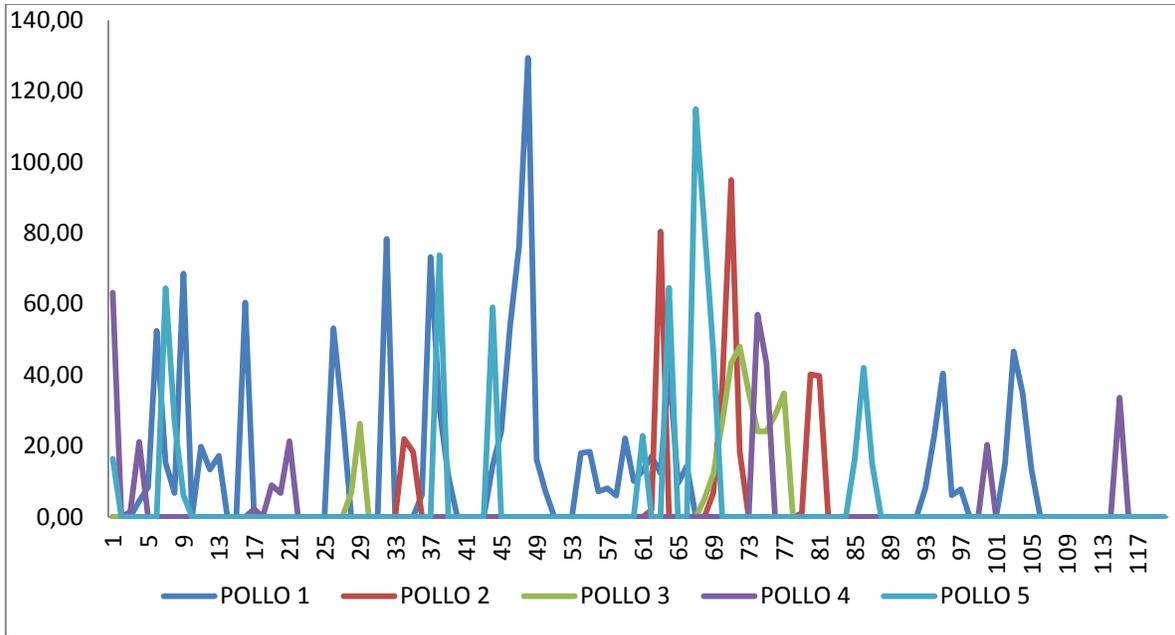
### 4.2.3. Seguimiento desplazamiento y análisis de recorrido

Se realiza un análisis en base a centroides para definir la ruta de algunas aves dentro del galpón. Se realiza la trazabilidad por colores como se ilustra en la figura. Se especifica cinco trayectos, donde observamos el más significativo representado en color amarillo. Los principales motivos por los que las aves se desplazan son para ingerir alimento, agua o porque su vida corre peligro. En este caso se observa que se desplaza a un comedero, luego a beber agua y luego busca otro comedero. La razón porque la trayectoria de esta ave es más larga se basa en que al no tener alimento el primer recipiente debe desplazarse a otro.



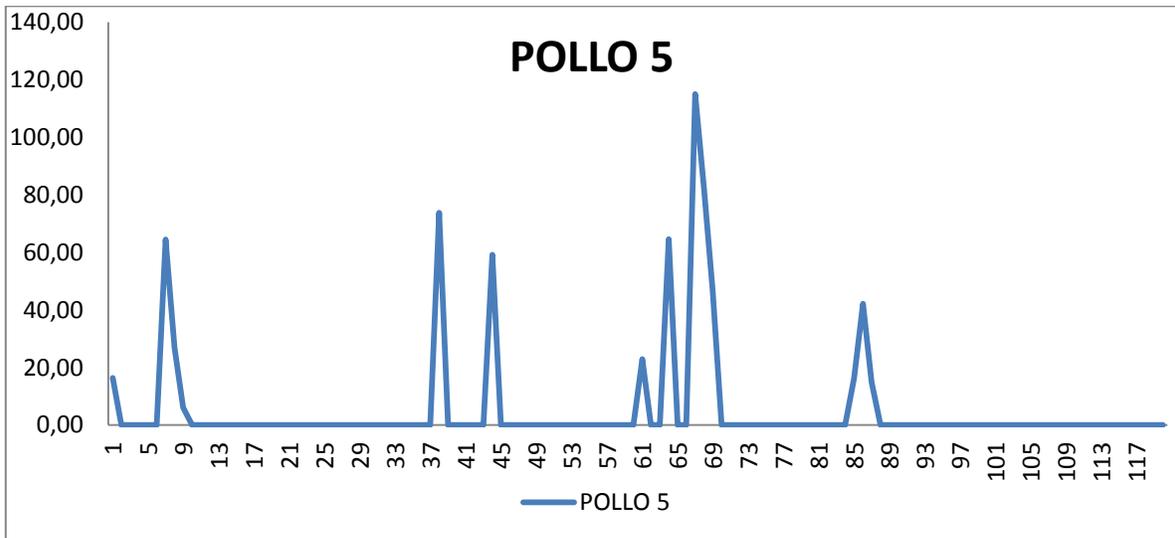
Ilustración 56 - Registro de seguimiento por centroides a aves

Se registra el desplazamiento de las aves en función del tiempo para obtener el porcentaje de actividad en el lapso medido (ilustración 57), Se observa la gráfica representativa de la actividad de las aves, en ella se superpone la trayectoria de cinco de las cuales la numero uno me representa la más activa y la que mayor desplazamiento realizo. Las otras cuatro se corresponden más con el estado de normalidad, en la cual no sienten hambre ni sed por lo tanto no sienten la necesidad de desplazarse, también es posible observar que la temperatura está en niveles adecuados debido a la homogeneidad en la distribución.



**Ilustración 57 - Registro de actividad las cinco aves a las que se les aplico seguimiento**

En la ilustración 58 se presenta la actividad registrada por el pollo número 5 en el seguimiento, se observa que el tiempo que permanecen echados es mucho mayor al que se desplazan.



**Ilustración 58 - Registro de la actividad de un ave**

Se establece el porcentaje de actividad de cada ave en un lapso de 15 min, en la ilustración 59 se observa que las aves mantienen un nivel de actividad muy bajo, alrededor del 10% lo cual coincide con un patrón normal, El ave uno muestra un

nivel elevado de actividad debido a que tuvo que desplazarse más para conseguir el alimento como se detalló en la ilustración 56.

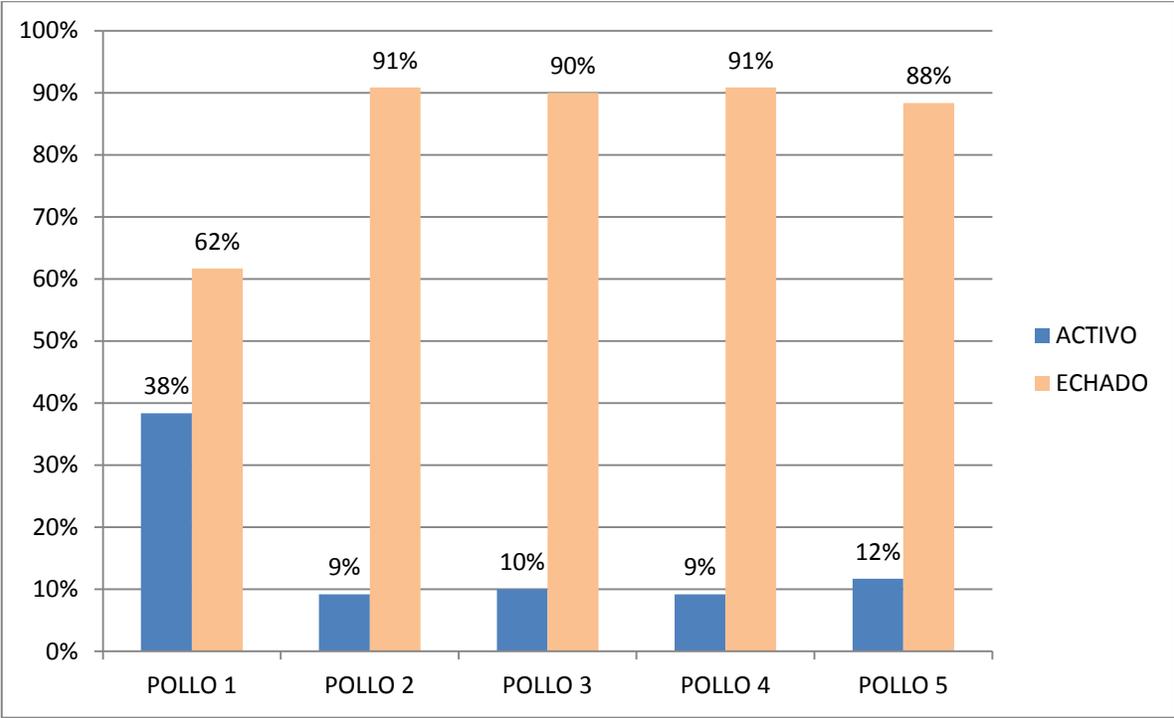


Ilustración 59 - Porcentaje de actividad de cada ave

Es importante determinar si las aves tienen acceso rápido al alimento ya que fallos en la distribución del alimento puede obligar a las aves a realizar mayores desplazamientos

## CONCLUSIONES

El sistema permite realizar monitoreo de las aves de forma constante en los ciclos de día, esto otorga confiabilidad al proceso de levante ya que detecta situaciones no deseadas que pueden afectar el bienestar de los animales. En el desarrollo del proyecto se detectó satisfactoriamente comportamientos asociados al ingreso de personas en el galpón, manifestando en un repentino cambio en su actividad desplazándose lejos del intruso y elevada acumulación de aves en los extremos.

Los fallos que pueden desencadenar estrés en las aves y que pueden ser detectados por el sistema de visión artificial están determinados principalmente por tres factores: primeramente el factor humano, en el cual el sistema percibe las interacciones del personal de la granja con las aves y en la cual. Luego identificamos los factores externos, asociados a ruidos excesivos, animales salvajes o no deseados como roedores y que puedan tener acceso al área de las aves. Y por último las variaciones de temperatura, las aves manifiestan en muchos casos comportamientos específicos para ciertas variables de temperatura, es posible evidenciar a través de las imágenes si la temperatura es muy baja debido a que las aves se agrupan de forma más extensa.

Se registró una data de 42 días de grabación de video con alta calidad de imagen (1920x1080) para obtener un mayor detalle de la actividad en el galpón, estas imágenes sirvieron como base para desarrollar un algoritmo capaz de monitorear el estado de los animales. Para la instalación de este sistema fue necesario varios días de trabajo en alturas, instalación de cableado, instalación de equipos y pruebas de imagen.

El sistema de clasificación se diseñó para detectar de forma independiente actividad y distribución de las aves, discriminando según el área de cada ave si corresponde a una parvada (agrupación de dos o más aves) o a un único individuo. El sistema de identificación de la actividad se basa en la extracción de centroides de un estado anterior y superponiendo los sobre la imagen actual de

las aves, se analiza el porcentaje de variación con respecto a la posición que tenían las aves en el estado anterior y si sobrepasa un cierto valor se procede a generar alertas sobre actividad anormal en las aves.

La confiabilidad del sistema se determinó en un 85% de acierto para estimar la cantidad de aves distribuidas en el galpón, este dato es muy importante ya que las alarmas que se originen permitirán que el personal de la granja verifique la situación que la origina. Para las pruebas realizadas se identificó que las aves se agrupan debido a factores de temperatura, principalmente en las noches y la madrugada cuando desciende y las aves tienden a agruparse para generar calor.

Se realizó seguimiento por centroides a las aves con el propósito de analizar sus comportamientos en intervalos de tiempo. Se observó que las aves tienen un patrón de actividad muy bajo, su actividad radica principalmente en desplazamientos para alimentarse o beber agua. Se obtuvo que su patrón de actividad es de en promedio 10% del tiempo, del cual el 90% permanecen hechados o con muy poca actividad.

## COSTOS

**Tabla 6 - Tabla de Costos**

#	Nombre del equipo	Justificación	Cantidad	Marca	Costos
1	Cámaras IP Mini Domo 2MP	Articulo Primario	4	HIKVISION	\$280.000
2	NVR IP 8 Canales (DS7608NIE2)	Articulo Primario	1	HIKVISION	\$418.000
3	Regulador Elevador de voltaje 2Kva	Articulo Primario	1	PHOENIX ELECTRONICA	\$160.000
4	HDD 2Tb Sata Toshiba 7200 Rpm	Articulo primario	1	TOSHIBA	\$215.000
5	Cable UTP Categoría 6 CCA	Articulo Primario	305	GET CONNECTING	\$185.000
6	Switch IP-Link de 8 puertos TL-SG1008D 10/100/1000	Articulo Priamario	1	TP-LINK	\$301.900
7	Computador ASUS X455L	Articulo Primario	1	ASUS	\$1'200.000
				<b>TOTLA:</b>	<b>\$2'759.900</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- Universidad Nacional de Quilmes - Segmentación por Umbralización - Metodo de Otsu.* (10 de 2005). Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/JorgeAntonioParraSerquen/segmentacin-por-umbralizacion-mtodo-de-otsu>
- Decreto 2113.* (15 de 12 de 2017). Obtenido de Presidencia de la Republica: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%202113%20DEL%2015%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202017.pdf#search=2113>
- Aguilera Diaz, M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. En *Documentos de trabajo sobre Economía Regional* (pág. 37). Cartagena: Banco de la Republica.
- Aillón Bolaño, M. A. (2012). *Propuesta e Implementación de un Proyecto Comunitario que se Dedicará a la Crianza, Producción y Comercialización Avícola en la Parroquia de Ascázubi.* Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador - Facultad de Ciencias Administrativas, Escuela de Contabilidad y Auditoría.
- Aprender Python.* (s.f.). Obtenido de Umbralización de una Imagen: <https://www.aprenderpython.net/umbralizacion-una-imagen/>
- Aristizábal Ramírez, D., & Ramírez Martínez, C. (2006). *Conceptos Básicos del Procesamiento Digital de Imágenes Usando OrquideaJAI.* Obtenido de [http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/analisis\\_imagenes\\_sistemas/analisis\\_senales\\_sistemas/software\\_orquidea/tutorial\\_orquidea\\_nov\\_02\\_2006.pdf](http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/analisis_imagenes_sistemas/analisis_senales_sistemas/software_orquidea/tutorial_orquidea_nov_02_2006.pdf)
- Arroyave Giraldo, M., Restrepo Martíne, A., & Vargas Bonilla, F. (2011). Incidencia de la Segmentación en la Obtención de Región de Interés en Imágenes de Palma de la Mano. *Tecno Lógicas*, (27), 119-138.

Aviagen. (2014). *Manual de Manejo*. Recuperado el 15 de 01 de 2018, de Aviagen: <http://es.aviagen.com/>

Axis Communications. (s.f.). *Guía Técnica para video en RED*. Recuperado el 12 de 05 de 2018, de Tecnología y factores a considerar a la hora de implementar correctamente aplicaciones de seguridad, vigilancia y supervisión remota basadas en IP: [https://www.axis.com/files/brochure/bc\\_techguide\\_60873\\_es\\_1501\\_lo.pdf](https://www.axis.com/files/brochure/bc_techguide_60873_es_1501_lo.pdf)

Castro, M. (2007). *Currículo. Texto Básico para una Instrucción*. Caracas: ATAI.

CONtextoganadero. (19 de Enero de 2018). *Colombia reglamenta el bienestar animal*. Recuperado el 18 de 08 de 2018, de CONtextoganadero: <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/colombia-reglamenta-el-bienestar-animal>

Costa, A., Ismayilova, G., Borgonovo, F., Leroy, T., Berckmans, D., & Guarino, M. (2013). The use of image analysis as a new approach to assess behaviour classification. *Acta Veterinaria Brno* 82(1), 25-30.

Costa, R., Quintero Torres, S., Acosta Muñoz, C., & Rey Torres, C. (2018). La transformada de Radon aplicada a la segmentación de imágenes digitales en escala de grises. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 213-227.

Coy Beltrán, H. V. (2005). *Estudio de Factibilidad para la Productora y Comercializadora de Pollos de Engorde COAGROCUASCA CTA*. Bogotá: Escuela Superior de Administración Pública ESAP - Facultad de Postgrados, Especialización en Proyectos de Desarrollo.

Dra. Barroeta, A. C., Dra. Izquierdo, D. (., & Dr. Pérez, J. F. (s.f.). *MANUAL DE AVICULTURA*. Recuperado el 05 de 05 de 2018, de [https://previa.uclm.es:https://previa.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA\\_castella.pdf](https://previa.uclm.es:https://previa.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf)

- Garcia Piragua, A., & Moreno Gomez, W. (2017). *Sistema de conteo automático de flujo de personas por medio de visión artificial.*
- Hernández, R. F. (2010). *Metodología de la Investigación.* Mexico: Mc- GRAW-HILL.
- Hurtado de Barrera, J. (2000). *Retos y alternativas en la Formación de Investigadores.* Caracas: SYPAL.
- Kashiha, M., Bahr, C., Vranken, E., Hong, S., & Berckmans, D. (2014). Monitoring System to Detect Problems in Broiler Houses Based on Image Processing. *Proc. Int. Conf. Agric. Eng*, pp. 6-10.
- Laserna Palomino, N., & Roman Concha, U. (2009). Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes . *Revista de investigación UNMSM 6(2)*, 9-16.
- Magro, R. (2013). Binarización de imágenes digitales y su algoritmia como herramienta aplicada a la ilustración entomológica. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 53, 443-464.
- Mendoza D, U. (2009). *Granjas Familiares de Pollos de Engorde para el Autoconsumo y la Comercialización en la Aldea Elmul.* Guatemala: Universidad de Sa Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas - Escuela de Economía, Instituto Educativo TULAN .
- Mera Chilito, C. C. (2016). *Diseño e Implementación de un Sistema Embebido para Control de Temperatura y Humedad Relativa en Cradero de Pollos de Engorde.* Santiago de Cali: Universidad de Buenaventura Cali - Faculta de Ingeniería Electrónica.
- Navarro, N., Sántiz, G., Estudiante, I., Lara, E., Bermudez, S., & Tuxtla Gutierrez, I. (2017). Sistema de visión para detectar y alarmar el estado de cansancio de un conductor. *Revista Tecnología Digital Vol, 7(1)*, 119-129.

Peña Fernandez, A., Tullo, E., Exadaktylos, E., Vranken, E., Guarino, M., & Berckmans, D. (2015). Broiler activity and distribution as behavior-based welfare indicators. *Precision Livestock Farming'15 Vol 1*, pp. 208-217.

Sabino, C. (2004). *El Proceso de Investigación*. Buenos Aires: CID.

UNIFORME. (06 de 09 de 2014). *Uniforme*. Recuperado el 18 de 05 de 2018, de IP Camera Alarm System Manufacturer: <https://www.hkvstar.com/technology-news/poe-ieee-802-3af-and-ieee-802-3at.html>