

ACONDICIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMO  
PARA LA DETECCIÓN DE GANADERÍA VACUNA.

CRISTIAN CAMILO CUEVAS CASTAÑEDA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2019

ACONDICIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMO  
PARA LA DETECCIÓN DE GANADERÍA VACUNA.

CRISTIAN CAMILO CUEVAS CASTAÑEDA

Trabajo de grado en la modalidad de proyecto aplicado  
para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director  
Ingeniero. Alan Fernando Cuadros Pineda

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2019

Nota de aceptación:

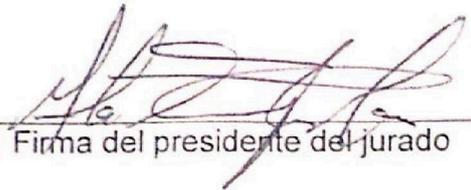
---

---

---

---

---



Firma del presidente del jurado



Firma del jurado

---

Firma del jurado

Tunja, 14 de septiembre de 2019

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS, a quien siempre encomendamos nuestras vidas y anhelos. A mi Familia, que siempre ha estado allí de forma incondicional y principalmente a mi Madre, soporte fundamental de mi vida y proyectos. También le dedico este trabajo a mi Novia y amigos, compañeros de viaje en el camino de la vida. Finalmente, a todos aquellos que amamos y amaron el conocimiento como un todo y que no temen adentrarse en sus apasionantes áreas y enfoques.

*“Sólo hay felicidad donde hay virtud y esfuerzo serio,  
pues la vida no es un juego”*

Aristóteles  
Filósofo, polímata y científico griego

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por ser una opción maravillosa, única y privilegiada en nuestro país, para aquellos que no quisimos quedarnos con nuestro primer pregrado, sino que ya dentro de un escenario laboral, elegimos seguir dedicando nuestro esfuerzo, al conocimiento y a la felicidad que le es inherente.

También a la ingeniera Maria Consuelo Rodriguez Niño, directora del Grupo de Investigación Byte in Design de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, quien siempre acogió mis proyectos e ideas investigativas como tuyas y brindó el necesario marco para su desarrollo. Finalmente, a todos los docentes de la Universidad, a quienes admiro por su vocación pedagógica, la guía que brindaron a mi formación y su dedicación a esta apasionante modalidad de la educación virtual.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....	14
2. JUSTIFICACIÓN.....	15
3. OBJETIVOS.....	16
3.1. OBJETIVO GENERAL. ....	16
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	17
5. ESTADO DEL ARTE. ....	19
6. MARCO CONCEPTUAL.....	25
7. MARCO JURÍDICO .....	30
7.1. FUNDAMENTOS CONSTITUCIONALES.....	30
7.2. FUNDAMENTOS LEGALES.....	30
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
8.1 PLANOS .....	33
8.2. DIAGRAMA BLOQUES.....	34
8.2.1. Bloque 1 “Bovino” .....	35
8.2.2. Bloque 2 “Sobrevuelo – DRON”:	35

8.2.3. Bloque 3 “Extracción de datos de interés”:	38
8.2.4. Bloque 4 “Toma de fotografía en sitio de interés”:	38
8.2.5. Bloque 5 “Guardado y envío de datos captados”:	39
8.2.6. Bloque 6: “Software de visión artificial”:	40
8.2.6.1 Intentos previos:	40
8.2.6.2 Intento exitoso:	46
8.2.7. Bloque 7: “Detección de ganado vacuno”:	47
8.2.8. Bloque 8: “Delimitación de cada ejemplar mediante recuadro”:	48
8.2.9. Bloque 9: “Entrega de insumo para fase de conteo”:	49
9. CONCLUSIONES	51
10. DIVULGACIÓN	52
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	57

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Esquema general de sistema de visión artificial .....	33
Figura 2. Plano del proyecto .....	34
Figura 3. Diagrama de Bloques .....	34
Figura 4. Dron SG900s .....	35
Figura 5. Interfaz de usuario del app FW FPV .....	35
Figura 6. Control remoto + Smart Phone .....	35
Figura 7. Vista en pantalla del App LW FPV .....	35
Figura 8. Batería del dron .....	36
Figura 9. Dimensiones del dron .....	36
Figura 10. Visualización de plan de vuelo.....	37
Figura 11. Fotografía obtenida en posicionamiento ideal. ....	39
Figura 12 Computador portátil MacBook Pro 13” .....	40
Figura 13. Entorno de librerías cognitive services.....	41
Figura 14. Landmark detection sin bounding box .....	41
Figura 15. Landmark detection con bounding box .....	42
Figura 16. Label detection .....	43
Figura 17. Imagen positiva de Reloj, 50*50 .....	44
Figura 18. Imagen positiva de semoviente, 50*50 pixeles .....	44
Figura 19. Archivo de vector de imagen positiva .....	44
Figura 20. Archivos XML de entrenamiento de Haar Cascade .....	45

Figura 21. Imagen con reloj detectado.....	45
Figura 22. Imagen con semoviente detectado .....	45
Figura 23. Esquema de herramientas usadas para la propuesta de solución .....	46
Figura 24. Código de programación exitoso .....	47
Figura 25. Aplicación de código de programación .....	48
Figura 26. Imagen con prueba exitosa, con bounding boxes.....	49
Figura 27. Resultado predictivo arrojado por el software.....	50

## ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A: Especificaciones técnicas del computador portátil utilizado .....	57
Anexo B: Especificaciones técnicas del Smart Phone utilizado .....	60
Anexo C. Especificaciones técnicas del Dron utilizado .....	66

## RESUMEN

La visión artificial representa una de las importantes aristas del área del conocimiento de la inteligencia artificial y este trabajo, constituye un esfuerzo de acondicionamiento e implementación de algoritmos dirigidos al reconocimiento de objetos, con aplicación específica en el ámbito de la ganadería vacuna. En este sentido, son diversas las herramientas de desarrollo e implementación algorítmica en la materia, habiendo sido seleccionadas para los objetivos que nos ocupan, las que corresponden a Python, Open CV y YOLO las cuales, unidas en un acondicionamiento complementario entre sí, brindaron resultados satisfactorios en lo atinente al reconocimiento de objetos perseguido.

De esta manera, se trata de un esfuerzo investigativo dirigido a obtener una herramienta de software idónea, que operada desde el aire a través de un dispositivo Dron, pueda hacer el reconocimiento de objetos y concretamente de ganadería vacuna, con miras a que en una fase posterior, ya ajena a este proyecto, se desarrolle la herramienta para su conteo exacto en un lugar y momento determinado.

## INTRODUCCIÓN

La concepción de una idea investigativa, es uno de los pasos más importantes para aquellas personas que tienen una vocación relacionada con la búsqueda de un nuevo conocimiento y que tienen proyectos dirigidos a la materialización de un paradigma de innovación. Desde siempre, ha existido gran inquietud por la forma en que funcionan las cosas que se ven en la vida diaria como cotidianas, lo que tiene íntima relación con abrazar sueños relativos a generar nuevos paradigmas en el progreso tecnológico de nuestro país, para que el mismo entre de una vez por todas en el concierto mundial del avance y del desarrollo.

En el presente trabajo, se busca realizar un ejercicio en tal sentido, dentro de la apasionante rama del conocimiento de la Ingeniería Electrónica. La Universidad Nacional Abierta y a Distancia, junto con el Grupo de Investigación Byte in Design, han servido como el escenario apropiado para la búsqueda de un nuevo conocimiento y para tener una formación dirigida hacia la fundación y desarrollo de nuevos emprendimientos.

Este esfuerzo investigativo fue concebido dentro de una de las opciones de grado previstas por la Universidad, concretamente la atinente al desarrollo de un proyecto aplicado, que tuviese algún grado de impacto en el escenario geográfico departamental y nacional. Colombia es un país agrícola y ganadero por excelencia, donde gran parte de su producto interno bruto gira en torno a estas actividades que reclaman alejarse de prácticas feudales y obsoletas, y que pide a gritos la generación interna de avances tecnológicos que faciliten la vida de quienes se dedican a la industria en tales sectores de la economía.

Dentro de este marco, debe señalarse que Colombia no puede darse el lujo de dar la espalda a la realización de aportes en materias de importancia central en el escenario mundial, como lo es relativo al desarrollo de la inteligencia artificial. Todos los días los medios de comunicación, informan acerca de noticias relacionadas con el alcance de nuevas conquistas en estas materias, logradas principalmente por naciones, llamadas del primer mundo, lo que ha generado en el ambiente nacional la errada percepción de que no está al alcance de sus posibilidades aportar en tales empresas investigativas y que las mismas están reservadas para culturas “más adelantadas”.

Sirven las reflexiones anteriores como corolario para esbozar de qué se trata el proyecto que constituye el objeto de la tesis de grado que nos ocupa, y que refiere al diseño de un sistema de visión artificial para la detección y conteo de objetos, aplicado a la ganadería vacuna, pero que se circunscribe a la fase 1 del mismo, esto es, a la detección.

En el comienzo del trabajo de tesis, se esbozarán los aspectos teóricos, atinentes a la formulación del problema de investigación, la justificación del mismo, el

señalamiento de los objetivos propuestos, el marco teórico aplicable, el estado del arte, tópicos que permitirán identificar con toda claridad de qué trata este esfuerzo investigativo.

En el contenido central, se dará desarrollo a la solución al problema de investigación, identificando de forma clara los componentes de la misma, así como los alcances y limitaciones que la misma presenta, de cara a los recursos disponibles para su consecución.

Finalmente se plantearán algunas conclusiones, teniendo en cuenta que se trata de un trabajo que apenas constituye un eslabón de una larga cadena de ejercicios investigativos y de emprendimientos que se busca continuar en la vida profesional.

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la propuesta de acondicionamiento e implementación de un algoritmo para la detección de ganadería vacuna?

### **1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

Los desarrollos en materia de inteligencia artificial son objeto de gran interés en el escenario tecnológico actual, a nivel mundial. Lo anterior, dado que, en diversos campos, son ya visibles los grandes aportes que esta rama del conocimiento hace no solo para al mejoramiento de procesos a nivel industrial, sino también, en la vida diaria. Una problemática que aqueja a los ganaderos del país, es la relativa al robo y pérdida de ganado sin que exista una herramienta que brinde certeza acerca del número de cabezas de ganado existentes en un hato determinado, en un momento específico y que sirva como mecanismo de verificación periódica para tal efecto.

### **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

Dentro del contexto anteriormente descrito, el problema de investigación planteado busca servir como marco para buscar una solución, que desde el ámbito de inteligencia artificial en su componente de visión artificial, sirva como herramienta para hacer seguimiento a la presencia y número de semovientes en un hato ganadero determinado. El presente proyecto busca dar solución a la fase 1 del proyecto, esto es, a la detección de ganado, para dar lugar posteriormente, fuera de este proyecto, al desarrollo de la herramienta de conteo.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Existen diferentes problemáticas que aquejan a los ganaderos que cuentan con un número considerable de cabezas de ganado en nuestro país. Una de ellas, es la relativa a su conteo, el cual debe llevarse a cabo como medio de control de cara a situaciones de pérdida o robo. Ocurre que la única alternativa existente refiere a chips implantados que implican no solo el suministro y compra de los mismos, sino su reemplazo por deterioro y la inversión de tiempo y dinero en el personal encargado de su implantación en cada ejemplar de ganado. Por cuenta del desgaste que implica el método anteriormente descrito, los ganaderos han optado por realizar tal ejercicio de conteo cada vez que deben vacunar su ganado, lo cual en la práctica se produce, cuando más, dos veces al año. En este orden de ideas, el ejercicio de conteo es bastante precario.

Por eso, se propone la aplicación de un método de visión artificial que logre llevar a cabo un ejercicio de conteo desde una cámara instalada en un dron con sobrevuelos sobre un lote de terreno previamente delimitado y con capacidad de detección y conteo de ganado en tiempo real, que sirva como alternativa distinta a los deficientes métodos tradicionales.

Este proyecto está dirigido a conseguir el acondicionamiento e implementación del algoritmo para la detección del ganado, que se vale de una cámara integrada a un dron, para luego posibilitar su conteo posterior, lo que corresponde a la fase 2 (La fase dos será llevada a cabo un trabajo fuera del marco de ésta propuesta de trabajo de tesis).

La utilidad del sistema tendrá un impacto de corto plazo representado en la inmediatez en la recolección de información de detección y conteo; mediano plazo en la elaboración de bases de datos para la obtención de información histórica de robo o pérdida de ganado y de largo plazo para servir como base para desarrollos futuros en materia de sistemas de visión artificial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Acondicionar e implementar un algoritmo para la detección de ganado vacuno.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Acondicionar los códigos de programación necesarios para estructurar el sistema de visión artificial para la detección de ganado vacuno.
- Realizar la implementación necesaria para el funcionamiento del sistema.
- Llevar a cabo la integración del sistema con un dron, cámara y códigos de programación.
- Efectuar las pruebas de funcionamiento pertinentes.

## 4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se trata de un problema de investigación relativo al tópico de visión por computadora, encuadrable dentro de los linderos de la robótica, toda vez que se define como el campo de la Inteligencia Artificial enfocado a que las computadoras puedan extraer información a partir de imágenes, para ofrecer soluciones a problemas del mundo real<sup>1</sup>.

La cadena ETR, que corresponde a la “Cadena de formación en electrónica, telecomunicaciones y redes” incluye la línea de investigación en automatización y herramientas lógicas, que tiene el componente de robótica, tópico dentro del cual se encuentra el problema de investigación<sup>2</sup>. El grupo de investigación que sirvió como marco de desarrollo fue Byte in Design, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, el cual está debidamente reconocido por Colciencias y del cual, el autor forma parte, como estudiante investigador<sup>3</sup>.

En un primer momento se llevó a cabo un ejercicio de investigación documental, la que corresponde a una metodología que consiste en la selección y compilación de información a través de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, bibliotecas, bibliotecas de periódicos, centros de documentación e información<sup>4</sup>. Para tal efecto, fueron utilizadas de forma predominante bases de datos disponibles en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, como Scielo y Scopus con miras a tener una visión amplia y actual de estado del arte de los desarrollos en la materia.

Con la guía de docentes del programa de Ingeniería, se verificó la existencia de plataformas de programación de código abierto para el desarrollo, acondicionamiento y aplicación de algoritmos, utilizados en el campo de la visión artificial. Recaudada la información dentro de un paradigma de investigación documental, se pasó a la utilización de la metodología de investigación aplicada, que busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo y se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto<sup>5</sup>. Lo anterior, con miras a acondicionar las plataformas de

---

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO. Visión por Computadora. Obtenido.  
<http://www.ehu.eus/ccwintco/uploads/d/d4/PresentacionMundoVirtual.pdf>

<sup>2</sup> UNAD. Líneas de investigación. Cadena de formación en electrónica, telecomunicaciones y redes. Obtenido.  
[https://academia.unad.edu.co/images/escuelas/ecbti/Investigaci%C3%B3n/Grupos\\_por\\_cadena\\_de\\_formaci%C3%B3n/Cadena\\_de\\_formaci%C3%B3n\\_ETR.pdf](https://academia.unad.edu.co/images/escuelas/ecbti/Investigaci%C3%B3n/Grupos_por_cadena_de_formaci%C3%B3n/Cadena_de_formaci%C3%B3n_ETR.pdf)

<sup>3</sup> COLCIENCIAS. CvLac. Obtenido.  
[http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001451407](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001451407)

<sup>4</sup> BAENA, Gulliermina. La investigación documental. Obtenido.  
<http://www.ehu.eus/ccwintco/uploads/d/d4/PresentacionMundoVirtual.pdf>

<sup>5</sup> LOZADA, José. La investigación aplicada. Obtenido.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

programación identificadas y los algoritmos de programación desarrollados en materia de visión artificial, al reconocimiento y detección concreto de ejemplares de ganado vacuno, con los ajustes y adecuaciones necesarias para tal fin.

## 5. ESTADO DEL ARTE.

El presente acápite tiene la finalidad de abordar la temática relativa a dilucidar el estado del arte del tema seleccionado como objeto de investigación, para tener un panorama acerca de los avances que, en materia de reconocimiento de objetos, existen en la actualidad y la forma como este trabajo busca servir como alternativa a los desarrollos existentes.

Debe señalarse que, en la actualidad, predominan las publicaciones provenientes de investigadores de nacionalidad China, lo que marca la tendencia actual, relativa a que la mayoría de patentes de invención registradas, tienen como escenario de surgimiento a tal país asiático, que se perfila como la principal potencia mundial en los próximos años.

En primer lugar, haremos referencia al trabajo denominado “Desarrollo y validación de un clasificador conjunto para el reconocimiento en tiempo real de los patrones de comportamiento de las vacas a partir de los datos del acelerómetro y de la ubicación”, traducción del título original “Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data”<sup>6</sup>.

Se trata de un desarrollo enfocado al análisis de la variable del comportamiento del ganado vacuno, que asume que la misma representa un indicador de la salud de los ejemplares de ganado. El trabajo está enfocado, no a la detección del ganado mediante algoritmos, sino a la utilización de un software para la determinación de patrones de comportamiento de un ejemplar específico. Se vale entonces de un estudio previo para la determinación de comportamientos ideales del ganado y de su incorporación a un software –basado en el algoritmo Adaptive Boosting (Impulso Adaptativo) para, de esta ésta manera, arrojar como resultado un patrón de comportamiento que permita dictaminar la salud del ejemplar de ganado.

Lo anterior, expresado por los autores en el idioma inglés, fue lo siguiente:

“Behavior is an important indicator of health and well-being in dairy cows. Cows exhibit different behaviors when health problems (e.g. lameness) or physiological changes (e.g. oestrus).

---

<sup>6</sup> WANG, Jun. Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data. Obtenido. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203546>

We applied the AdaBoost (Adaptive Boosting) algorithm to behavior recognition in this study. Developed by Freund and Schapire, AdaBoost is a classifier ensemble algorithm using a finite number of weak learners”

También de investigadores de origen chino se desarrolló otro modelo dirigido al análisis del comportamiento del ganado, pero esta vez basado en sistema denominado Hikvision DS-2CD2155F(D)-I(W)(S), para el análisis del comportamiento del ganado en tiempo real. Se trata del trabajo denominado “Cow behavior recognition based on image analysis and activities”<sup>7</sup>. El trabajo es descrito en el idioma inglés de la siguiente forma:

(...) by combining the continuous image characteristics and movement of cows for 7 d, the method could quickly distinguish abnormal behavior of dairy cows from healthy reproduction, improving the accuracy of the identification of characteristics of dairy cows.

A Hikvision DS-2CD2155F(D)-I(W)(S), 5 MP day-night network dome camera was utilized in the test to collect cow behavior surveillance video in real time. The cow behavior image features are ensured to have sufficient clarity for use as the basis of subsequent image processing experiments. A pedometer (Model: HEATTAG-002, Tianjin Sunbroad Software Co., Ltd.) was used in the test to obtain cow movement for monitoring rutting and rutting time. The total activity value in a milking time frame (the 2 h period between two adjacent readings) was obtained during the cow milking process, and the activity value in a time frame was compared with that of the same time frame in the past; if a cow’s activity is much greater than the historical value of the same time frame, this cow could be rutting.”

El sistema lo que hace es seguir de forma continua al ejemplar de ganado en estudio, día y noche, para determinar sus patrones de comportamiento, mediante un sistema de procesamiento de imágenes que determine la forma en la que actúa y sus movimientos, para contrastar esta información con patrones ideales previamente estudiados y cargados en el software desarrollado.

El trabajo titulado “Small Object Detection with Multiscale Features”<sup>8</sup>, el cual tiene que ver con un algoritmo desarrollado para la detección de objetos de reducido tamaño, cuyo resultado es la delimitación en una imagen, para delimitar el objeto de interés, con una “bounding box”. Se basa en un sistema de entrenamiento para el logro del algoritmo de detección con 13 capas de análisis, que mejora un algoritmo

---

<sup>7</sup> JINQIU, Gu. Cow behavior recognition based on image analysis and activities. Obtenido: <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3080>

<sup>8</sup> HU, Guo. Small Object Detection with Multiscale Features. Obtenido: <https://www.hindawi.com/journals/ijdm/2018/4546896/>

propuesto de forma previa en el año 2014. El sistema es descrito por sus autores de la siguiente forma en el idioma inglés:

“(…)The RCNN model proposed by Girshick in 2014 is divided into four processes during the object detection. First, 2000 proposal regions in the image are obtained by region proposal algorithm. Second, it extracts the CNN features of the two thousand proposal regions separately and outputs the fixed dimension features. Third, the objects are classified according to the features. Finally, in order to get the precise object bounding box, RCNN accurately locate and merge the foreground objects by regression operation. The algorithm has achieved the best accuracy of the year. But it requires an additional expense on storage space and time because RCNN needs to extract the features of 2000 proposal regions in each image. Later, Fast-RCNN is proposed by Girshick based on RCNN, the model, which maps all proposal regions into one image and has only one feature extraction. So Fast-RCNN greatly improves the speed of detection and training.

3.5. Algorithmic Description. Faster RNN provides two training methods with end-to-end training and alternate training and also provides three pretraining networks of different sizes with VGG-16, VGG CNN M 1024, and ZF, respectively. The large network VGG-16 has 13 convolutional layers and 3 fully connected layers. ZF net that has 5 convolutional layers and 3 fully connected layers is small network and the VGG CNN M 1024 is medium-sized network. Experiment shows that the detection accuracy of VGG-16 is better than the other two models, but it needs more than 11G GPU. In order to improve the training speed of the model, we use the VGG CNN M 1024 model as a pretraining model and use the alternation training as a training method”.

En el trabajo titulado “GEOSPATIAL OBJECT DETECTION IN HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES BASED ON MULTISCALE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK”<sup>9</sup>, se lleva a cabo un trabajo investigativo relacionado con la detección de objetos de tamaño considerable, a nivel geo-espacial. El trabajo es descrito por sus autores en los siguientes términos: “A multiscale CNN for geospatial object detection in HRS images is proposed in this paper. The special design of the multi-scale CNN, i.e., the shared multi-scale base network and the multiscale object proposal network, enables production of feature maps with high semantic information at different layers and generation of anchor boxes with a small amount of negative samples”.

---

<sup>9</sup> GUO, Wei. GEOSPATIAL OBJECT DETECTION IN HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES BASED ON MULTISCALE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK. Obtenido: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/1/131>.

En los resultados del trabajo, se observa la detección de casas, canchas de tenis, piscinas, entre otros objetos de considerable tamaño, desde un sistema que implica que un satélite orbite la zona de interés, lo que implica la inversión económica inherente a un diseño de alcance espacial. Este desarrollo tecnológico investigativo arroja como resultado la posibilidad de nutrir con mayores elementos a los mapas urbanísticos levantados desde plataformas satelitales, por lo que hace posible determinar la naturaleza de elementos que resultan visibles en los mismos, tales como los ejemplificados con anterioridad.

Por otro lado, se encuentra el sistema denominado “Computer Vision and deep learning enhance drone capabilities”, el cual refiere al desarrollo de un Dron equipado con tecnologías de punta en materia de visión artificial. El sistema presenta “sensores de visión” encendidos de forma constante, dirigidos a la identificación de objetos de todo tipo, sin tener discriminado un objetivo en concreto. Se trata de un dispositivo aéreo manejado de manera remota, equipado con grandes prestaciones en materia de resolución de captación de foto y video, capaz de la reproducir imágenes con su entorno contextual, con tecnología de punta<sup>10</sup>.

Se trata entonces de una cámara con las mayores especificaciones existentes para el momento de su lanzamiento, pero montada en un dispositivo aéreo, capaz de realizar mapeos y captación de imágenes y videos al más alto nivel. En éste sentido, se visibiliza la explicación contenida en el trabajo investigativo, en el siguiente aparte en el idioma inglés:

“DJI’s latest drone, the Spark mini—which weighs less than a can of soda—features the Intel Movidius (San Mateo, CA, USA; [www.movidius.com](http://www.movidius.com)) Myriad 2 vision processing unit, which is used for accelerating machine vision tasks such as object detection, 3D mapping and contextual awareness through deep learning algorithms”.

En Chile, han sido implementados diversos avances en materia de visión artificial, y para ejemplificar, fue llevado a cabo un estudio denominado: “Aceptación del reconocimiento facial como medida de vigilancia y seguridad: Un estudio empírico en Chile”<sup>11</sup>.

“Estos sistemas de vigilancia se clasifican en dos categorías principales: basados en características y holística. La primera consiste en un procedimiento en el cual se procesan inicialmente las marcas distintivas del

---

<sup>10</sup> Revista Vision System Design. Computer Vision and deep learning enhance drone capabilities. Obtenido. [http://digital.vision-systems.com/visionsystems/201709?article\\_id=1286072&pg=NaN#pgNaN](http://digital.vision-systems.com/visionsystems/201709?article_id=1286072&pg=NaN#pgNaN)

<sup>11</sup> BRAVO, Cristian. Aceptación del reconocimiento facial como medida de vigilancia y seguridad: Un estudio empírico en Chile. Obtenido en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n2/0718-0764-infotec-29-02-00115.pdf>

rostro (ojos, nariz, boca, etc.), y luego algunas medidas que describan esas regiones, en cambio, la categoría holística intenta identificar los rostros usando representaciones globales, es decir, descripciones basadas en la imagen completa, en vez de las características locales de la cara. Además, existen métodos híbridos que detectan puntos de referencia y luego aplican técnicas utilizadas por la categoría holística (Tome et al., 2015). En los últimos años, muchos países que han adoptado esta tecnología como medida de seguridad, se utilizan en aeropuertos o en áreas públicas y especialmente en lugares con una mayor posibilidad de eventos importantes según el criterio del vigilante. A la fecha, los sistemas que han implementado el reconocimiento facial cuentan con muchos avances, pero también con muchas limitantes y desafíos”.

De investigadores de origen colombiano, está el trabajo titulado “Design and construction of a prototype of an unmanned aerial vehicle equipped with artificial vision for the search of people”<sup>12</sup>. En este trabajo investigativo se planteó el diseño y la construcción de un prototipo de vehículo aéreo no tripulado que sirve de plataforma para la búsqueda de personas y que utiliza procesamiento de imágenes obtenidas en vuelo. Este sistema se vale de una herramienta de visión artificial existente en MatLab, para la detección de rostros, lo que implica que la búsqueda de personas depende de que al hallarla se tome una fotografía clara del rostro de la persona. Se realizaron pruebas interesantes que involucran la posibilidad de autonomía de vuelo del dron, así como la posibilidad de que éste se aleje del centro de control que se encarga de su operación. Como hallazgos significativos de las posibilidades del sistema, el estudio encontró lo siguiente:

- El sistema es single target (solo reconoce un verdadero positivo a la vez);
- Se reconocen personas de forma frontal y no de forma lateral, debido a que el entrenamiento no posee base de datos de perfiles de personas; y
- La obstrucción del rostro impide su detección”.

Lo último, en razón a que se hicieron pruebas con personas que portaban cascos, hipótesis en la que el sistema no fue operante, problemática que también se presentó cuando el rostro fue analizado de perfil. También se arribó a una conclusión interesante como la siguiente:

“Con respecto a las distancias máximas de detección, se pudo identificar que una altura de entre uno y dos metros permite una distancia horizontal máxima para detección de cuatro metros con una iluminación mayor a 3457 Lux. En similares condiciones de iluminación, a tres metros de altura, la distancia horizontal de detección es también de tres metros”.

---

<sup>12</sup> ESPINAL ROJAS, Andres. Design and construction of a prototype of an unmanned aerial vehicle equipped with artificial vision for the search of people. Obtenido.  
[https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas\\_teleomatica/article/download/2453/3092/](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_teleomatica/article/download/2453/3092/)

Lo anterior, resulta pertinente para ilustrar acerca de la aplicabilidad de sistemas visión artificial a diversas actividades de vigilancia y control, que van desde el reconocimiento rostros, hasta hipótesis como la del caso que nos ocupa, en la que lo que se busca es el desarrollo de un sistema eficiente para la detección y conteo de ganado vacuno, con miras que el ganadero tenga un reporte fiable de la preservación completa de sus cabezas de ganado en un sitio determinado.

En el trabajo que nos ocupa, se busca llevar a cabo una propuesta de solución con elementos que estén a nuestro alcance, para poder llevar a cabo un sistema de visión artificial con los medios existentes, toda vez que los avances a los que se hizo alusión con anterioridad, se basan, en su mayoría, en tecnologías disponibles en países desarrollados y que no se encuentran en el ámbito geográfico al que pertenecemos.

## 6. MARCO CONCEPTUAL

**Aerocivil:** De acuerdo con el decreto 823 de 16 de mayo de 2017, modificatorio de algunos apares del decreto 0886 de 2007, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil es la autoridad en materia aeronáutica en todo el territorio nacional y le compete regular, certificar, vigilar y controlar a los proveedores de servicios a la aviación civil, el uso del espacio aéreo colombiano y la infraestructura dispuesta para ello”.

**AIA (Automated Imaging Association):** Es una asociación comercial dedicada al desarrollo de tecnología en visión artificial. Su sede principal se ubica en Michigan – Estados Unidos<sup>13</sup>.

**Colciencias:** Dentro de la estructura del Estado Colombiano, es un Departamento Administrativo, para la ciencia, la tecnología y la innovación.

**Cámara:** Dispositivo para adquirir imágenes.

**Cloud:** La computación en la nube o Cloud Computing es una tecnología que permite trabajar disponiendo de una capacidad de memoria y de procesamiento con ubicación en la red. Solo es necesaria una conexión a internet para acceder a recursos de almacenamiento y procesamiento de datos<sup>14</sup>.

**Hardware:** Es el conjunto de elementos físicos o periféricos del sistema: el procesador, las plaquetas, los circuitos electrónicos, el disco duro, el monitor, el teclado<sup>15</sup>. Para nuestro caso, está comprendido por el dron, la cámara y el dispositivo periférico.

**Software:** Es el conjunto de programas y utilidades que se encargan de explicar al hardware lo que tiene que hacer<sup>16</sup>.

**Machine Vision:** “Machine Vision”, trata acerca de desarrollos que buscan responder a alguna necesidad de carácter industrial o no industrial, donde una combinación de hardware y software provee una guía operacional a dispositivos en ejecución de funciones que estén basadas en captura y procesamiento y imágenes. En este orden de ideas, tenemos que un sistema de visión artificial involucra de forma necesaria la combinación entre Hardware y Software direccionada a dar

---

<sup>13</sup> AIA. Obtenido. <https://www.visiononline.org/mvo-content.cfm/machine-vision/About-AIA/id/81>

<sup>14</sup> XERTICA. Obtenido en: <https://www.xertica.com/computacion-en-la-nube-definicion-ejemplos-y-usos-practicos/>

<sup>15</sup> Recursos informáticos. Obtenido en: <http://www.chaparral-tolima.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/PublishingImages/Paginas/autocapacitaciones-talento-humano-tic-gel-alcaldia-chaparral-tolima/material%20%20Hardware%20y%20Software.pdf>

<sup>16</sup> Ibid.

tratamiento a arquitecturas diseñadas para la captura y procesamiento de imágenes. Tal sistema se integra de forma típica por un sistema de iluminación que hace que el objeto a detectar resulte visible, óptica para enfocar la imagen del objeto, una cámara para ver la imagen, una placa de imágenes para capturarlas y convertirlas en datos y por último, el software que se utiliza para manipular la imagen y optimizar la toma de decisiones operativas.

El concepto de visión artificial ha estado un poco limitado a los entornos de producción de una fábrica, pero que con el tiempo, se espera que la misma se extienda a soluciones innovadoras que responden a necesidades cotidianas y que sean elaboradas por investigadores, científicos y apasionados de la materia<sup>17</sup>.

**Inteligencia artificial:** Desarrollo de métodos y algoritmos que permitan comportarse a las computadoras de modo inteligente<sup>18</sup>.

**Open-CV:** Librería de código abierto, que ofrece la posibilidad de llevar a cabo el desarrollo de aplicaciones en materia de visión artificial y que busca servir como herramienta para el desarrollo de diseños con vocación de ser comercializados en el mercado tecnológico de negocios<sup>19</sup>.

**Visión artificial:** Es una disciplina científica que incluye métodos para adquirir, procesar y analizar imágenes del mundo real con el fin de producir información que pueda ser tratada por una máquina. La comprensión en los dispositivos se consigue gracias a una descomposición de la imagen en pequeños fragmentos (píxeles) y en su posterior estudio<sup>20</sup>.

**Smartphone:** Smartphone es el término en inglés que se utiliza para denominar a un teléfono inteligente; es un equipo celular con funciones más avanzadas que las de un teléfono corriente. El término se empezó a utilizar cuando al mercado salieron terminales con correo electrónico ya instalado y listo para usar<sup>21</sup>.

**IBM Cognitive Services:** Herramienta desarrollada por la empresa IBM para el estudio de imágenes y que tiene la potencialidad de dar análisis al pixelaje de las mismas, con miras a determinar, con una alta precisión, lo que se visibiliza en cada una de ellas<sup>22</sup>.

---

<sup>17</sup> AIA. Obtenido. <https://www.visiononline.org/market-data.cfm?id=73>

<sup>18</sup> Universidad Antonio Nebrija. Obtenido [https://www.nebrija.es/~cmalagon/ia/transparencias/introduccion\\_IA.pdf](https://www.nebrija.es/~cmalagon/ia/transparencias/introduccion_IA.pdf)

<sup>19</sup> OPEN CV. Obtenido. <https://opencv.org/about/>

<sup>20</sup> CONTAVAL. Obtenido. <https://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/>

<sup>21</sup> Obtenido en. <https://conceptodefinicion.de/smartphone/>

<sup>22</sup> IBM. Obtenido. <https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/>

**Microsoft Cognitive Services:** Herramienta de software desarrollada por la empresa Microsoft para el diseño de aplicaciones con potentes algoritmos para diferentes finalidades relacionadas con inteligencia artificial <sup>23</sup>.

**Google Cognitive Services:** “La API Vision de Google Cloud permite que los desarrolladores comprendan el contenido de una imagen mediante el encapsulado de potentes modelos de aprendizaje automático en una API REST fácil de usar. La API clasifica imágenes rápidamente en miles de categorías (por ejemplo, "barco de vela", "león" o "torre Eiffel"), detecta objetos y caras individuales dentro de las imágenes, además de buscar y leer palabras impresas en ellas. Puedes crear metadatos en tu catálogo de imágenes, moderar el contenido ofensivo o habilitar nuevas situaciones de marketing mediante el análisis de sentimientos en imágenes. Tienes la posibilidad de analizar las imágenes cargadas en la solicitud o integrarlas en tu sistema de almacenamiento de imágenes de Google Cloud Storage”<sup>24</sup>.

**RAC:** Reglamentos Aeronáuticos de Colombia: Normatividad emitida por Aerocivil en el nivel reglamentario, aplicable de manera general a toda actividad de aeronáutica civil y a toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera que las desarrolle <sup>25</sup>.

**RPA:** Aeronaves pilotada a distancia<sup>26</sup>.

**RPAS:** Sistema de aeronave pilotada a distancia. En inglés Remotely-piloted aircraft system: Se integra por la aeronave pilotada a distancia (RPA), su estación o sus estaciones conexas de pilotaje a distancia, los enlaces requeridos de mando y control, y cualquier otro componente según lo especificado en el diseño de tipo. Es un subconjunto de UAS<sup>27</sup>.

**Vehículo aéreo autónomo:** Aeronave perteneciente al conjunto de sistema de aeronave no tripulada (UAS), que no permite la intervención del piloto en la gestión de vuelo”<sup>28</sup>.

**Explotador de RPAS.** Persona (natural o jurídica) que ostenta la propiedad de una aeronave RPA, que se dedica por cuenta propia a la explotación de aeronaves RPA.

---

<sup>23</sup> MICROSOFT. Obtenido. <https://azure.microsoft.com/en-us/try/cognitive-services/>

<sup>24</sup> GOOGLE. Obtenido. <https://cloud.google.com/vision/?hl=es-ve>

<sup>25</sup> AEROCIVIL. Obtenido. <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%201%20-%20Definiciones.pdf>

<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> AEROCIVIL. Obtenido.

<http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC%20MAR%2031%20de%202008/PARTE%20CUART A.pdf>

<sup>28</sup> Ibid.

En el contexto de las aeronaves pilotadas a distancia, la explotación de una aeronave incluye al sistema de aeronave pilotada a distancia”<sup>29</sup>.

**UAS:** Sistema(s) de aeronave(s) no tripulada(s) - Unmanned Aircraft System(s). Las expresiones: UAV, UAS, RPA, RPAS, ART, VANT, DRON o DRONE, se refieren a un mismo concepto, independientemente de su principio de vuelo o propulsión”<sup>30</sup>.

**Computador portátil:** Dispositivo informático de hardware, que puede ser movilizadado con facilidad (por oposición al computador de escritorio) y con capacidad de operación a través de baterías recargables.

**Control Remoto:** Es un dispositivo utilizado para efectuar una operación a distancia sobre una máquina.

**App:** El término proviene del inglés “application” y se refiere a programas que se instalan en un dispositivo y que realizan funciones concretas de ámbito personal o profesional<sup>31</sup>. Ejemplo de ellas es la usada en el presente trabajo, esto es, el App FPV, la cual sirve para manejar el dispositivo Dron.

**Bovino:** Se denomina bovino, a un ejemplar de ganadería vacuna. En el presente proyecto, se trabajó con ganado normando, una de las cinco razas bovinas más representativas de Colombia<sup>32</sup>.

**FPV:** Sigla del idioma inglés, First Person View. En español quiere decir visión en primera persona. En este proyecto, se traduce en la posibilidad de ver en tiempo real la cámara montada en el dispositivo dron<sup>33</sup>.

**Usuario:** Operador del sistema.

**GPS:** Es el sistema de posicionamiento global de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo<sup>34</sup>.

**Dirección IP:** Una dirección IP es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz de un dispositivo<sup>35</sup>.

---

<sup>29</sup> Ibid

<sup>30</sup> Ibid.

<sup>31</sup> InformeTIC. Obtenido. <http://www.informeticplus.com/que-es-una-app>

<sup>32</sup> CONTEXTO GANADERO. Obtenido. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-especial-conozca-las-5-razas-bovinas-mas-representativas-de-colombia>

<sup>33</sup> Guiadrone. Obtenido. <https://guiadrone.com/diccionario-basico/fpv-o-camara-fpv/>

<sup>34</sup> GPS.gov. Obtenido: <https://www.gps.gov/spanish.php>

<sup>35</sup> MOM-IP. Obtenido. <http://www.mon-ip.com/es/mi-ip/>

**Router:** Es un dispositivo de interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete<sup>36</sup>

**Bounding box:** Recuadro de demarcación de reconocimiento de objeto de interés.

**Haar Cascade:** Estructura algorítmica para clasificación de objetos en imágenes<sup>37</sup>.

**Python:** Tipo de lenguaje de programación interpretativo, interactivo, orientado a objetos<sup>38</sup>.

**YOLO:** Es una herramienta de software diseñada bajo la forma de red neuronal convolucional, que permite predecir la presencia, en una imagen, de diferentes objetos, permitiendo su identificación<sup>39</sup>.

**Red Neuronal Convolutacional:** Es un algoritmo de aprendizaje profundo que permite tomar una imagen de entrada, asignar importancia a los elementos contenidos en la misma y que permite diferenciar éstos entre sí.<sup>40</sup>

---

<sup>36</sup> ECURED. Obtenido.

[https://www.ecured.cu/Dispositivo\\_electr%C3%B3nico\\_de\\_interconexi%C3%B3n](https://www.ecured.cu/Dispositivo_electr%C3%B3nico_de_interconexi%C3%B3n)

<sup>37</sup> QUORA. Obtenido. <https://www.quora.com/What-is-haar-cascade>

<sup>38</sup> Enciclopedia Python. Obtenido. <https://wiki.python.org/moin/FrontPage>

<sup>39</sup> REDMON, Joseph. Obtenido: <https://arxiv.org/pdf/1506.02640.pdf>

<sup>40</sup> TOWARDS DATA SCIENCE. Obtenido. <https://arxiv.org/pdf/1506.02640.pdf>

## **7. MARCO JURÍDICO**

### **7.1. FUNDAMENTOS CONSTITUCIONALES.**

Para comenzar, resulta pertinente indicar que la Constitución Política en su Título Primero, Capítulo Cuarto, se ocupa de lo atinente a lo que debe entenderse por territorio, para indicar en su artículo 101, que “son parte de Colombia, el subsuelo, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental, la zona económica exclusiva, el espacio aéreo, el segmento de la órbita geoestacionaria, el espectro electromagnético y el espacio donde actúa, de conformidad con el Derecho Internacional o con las leyes colombianas a falta de normas internacionales”.

El artículo 82 del mismo cuerpo normativo establece que es deber del Estado, “velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular”. El mismo artículo indica que “Las entidades públicas participarán en la plusvalía que genere su acción urbanística y regularán la utilización del suelo y del espacio aéreo urbano en defensa del interés común”.

En este contexto y para visibilizar el enfoque de la actividad de transporte y operación aérea en Colombia, es pertinente señalar que de acuerdo con el artículo 3 la Ley 336 de 20 de diciembre de 1996, por la cual se expide el Estatuto General del transporte, “En todo caso, el Estado regulará y vigilará la industria del transporte en los términos previstos en los Artículos 333 y 334 de la Constitución Política”.

Los artículos 333 y 334 de la Constitución Política, hacen referencia al modelo económico imperante en Colombia, el cual refiere a la iniciativa privada y a la libre competencia económica.

Se concluye que la Constitución Política de Colombia ha concebido al transporte y a la operación aérea, como una actividad regulada por el Estado dentro del marco de la sus leyes y reglamentos, pero desplegada bajo las dinámicas empresariales de mercado, iniciativa privada y libre competencia.

### **7.2. FUNDAMENTOS LEGALES.**

Desde el punto de vista legal y dentro de un escenario de desarrollo de las normas constitucionales, debe señalarse que la Unidad Administrativa Especial de “Aeronáutica Civil” es la entidad estatal que tiene a su cargo vigilar y controlar el espacio aéreo colombiano y establecer políticas que permitan garantizar el correcto

funcionamiento de la aviación civil bajo principios de seguridad, oportunidad y eficiencia.

Resulta pertinente indicar como antecedente histórico, que tal institución fue creada mediante la Ley 89 de 1938, recibiendo inicialmente la denominación de Dirección General de Aeronáutica Civil – DGAC, adscrita al Ministerio de Guerra (AEROCIVIL, 2016). Tras diversas modificaciones a su estructura y con la entrada en vigencia de la Constitución Política de 1991, el Gobierno nacional en uso de las facultades transitorias que le fueron dadas para la reestructuración del Estado de cara al nuevo modelo constitucional, expidió el decreto 2171 de 1992, que en su artículo 1 integró el Sector Transporte y con ello le dio creación a lo que hoy conocemos como Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, como organismo adscrito al Ministerio de Transporte:

Posteriormente, la Ley 105 de 30 de diciembre de 1993 dio creación al denominado “sector y sistema nacional del transporte”. El decreto 823 de 16 de mayo de 2017, modificatorio de algunos apares del decreto 0886 de 2007, determinó la jurisdicción y competencia de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y en su artículo 2 establece dentro de sus funciones, la de desarrollar, interpretar y aplicar en todos sus aspectos las normas sobre aviación civil y transporte aéreo.

Dentro de la órbita de tales facultades de regulación aérea, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil ha emitido diversas normas correspondientes a reglamentos y circulares. Así, han sido expedidos los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, denominados RAC, cuyo RAC 1, hace referencia a cuestiones preliminares, definiciones y abreviaturas, siendo relevante indicar que de acuerdo con el numeral 1.1.1 su ámbito de aplicación es el siguiente:

“Las normas contenidas en los Reglamentos Aeronáuticos son aplicables de manera general a toda actividad de aeronáutica civil y a toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera que las desarrolle”<sup>41</sup>.

En la parte cuarta del Reglamento, relativo a “normas de aeronavegabilidad y operaciones de aeronaves”, el numeral 4.25 hace referencia a las normas para las actividades aéreas deportivas y recreativas<sup>42</sup> y la actividad relativa a drones, concierne al numeral 4.25.8.2 donde se regla el “aeromodelismo”. Para regular actividades distintas a la de recreación y deporte, pero que deben contar con los permisos a que hace referencia el numeral 4.25.8.2, fue expedida la circular reglamentaria No. 002 de 27 de julio de 2015, la cual tiene el siguiente propósito:

---

<sup>41</sup> AEROCIVIL. Obtenido. <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%201%20-%20Definiciones.pdf>

<sup>42</sup> Ibid.

“La presente circular tiene como propósito ampliar la información e impartir instrucciones de cumplimiento en referencia a los requisitos de Aeronavegabilidad y Operaciones necesarios para obtener permiso de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.25.8.2 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), en lo relacionado con la realización de operaciones de Sistemas de aeronaves pilotadas a distancia - RPAS diferentes a las de recreación y deporte”<sup>43</sup>.

Debe indicarse que la actividad desarrollada en el decurso de este trabajo de tesis, debe enmarcarse dentro los linderos de la recreación, toda vez que el autor del mismo no ha adquirido la condición de “explotador de RPA”,

El sentido de la palabra explotación debe extraerse de diccionario de la real Academia de la Lengua Española, que establece:

- Explotación: Acción y efecto de explotar.
- Explotar: Sacar utilidad de un negocio o industria en provecho propio.

Así, las pruebas de vuelo con carácter recreativo y destinadas a la simple prueba del algoritmo acondicionado en el presente trabajo de tesis de grado, no tuvieron que obtener permiso, toda vez que no entran dentro de la órbita de los requerimientos que implica la obtención de permisos inherente a la explotación económica.

Sin embargo, a título ilustrativo, se ha esbozado este marco jurídico, en caso de que el presente trabajo trascienda al campo de la explotación y de la búsqueda de la obtención de utilidad industrial, comercial o económica. Por lo demás, debe señalarse que el escenario de operación del trabajo que nos ocupa, tanto en su fase de pruebas como de posible explotación a futuro, tan solo se desarrolla dentro de predios privados, en los que estén ubicados ejemplares de cabezas de ganado cuyo titular esté interesado en adquirir el servicio de reconocimiento y conteo (fase futura del proyecto). Tal particularidad de utilización única dentro de predios privados, también hace incierta la necesidad de obtención de permisos especiales, lo que deberá ser objeto en su momento, del debate jurídico pertinente, siempre que se utilicen RPAS de categoría pequeña, como el utilizado en el presente proyecto.

---

<sup>43</sup> AEROCIVIL. Obtenido. <http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/certificacion-y-licenciamiento/Documents/PROYECTO%20BORRADOR%20CIRCULAR%20RPAS.pdf>.

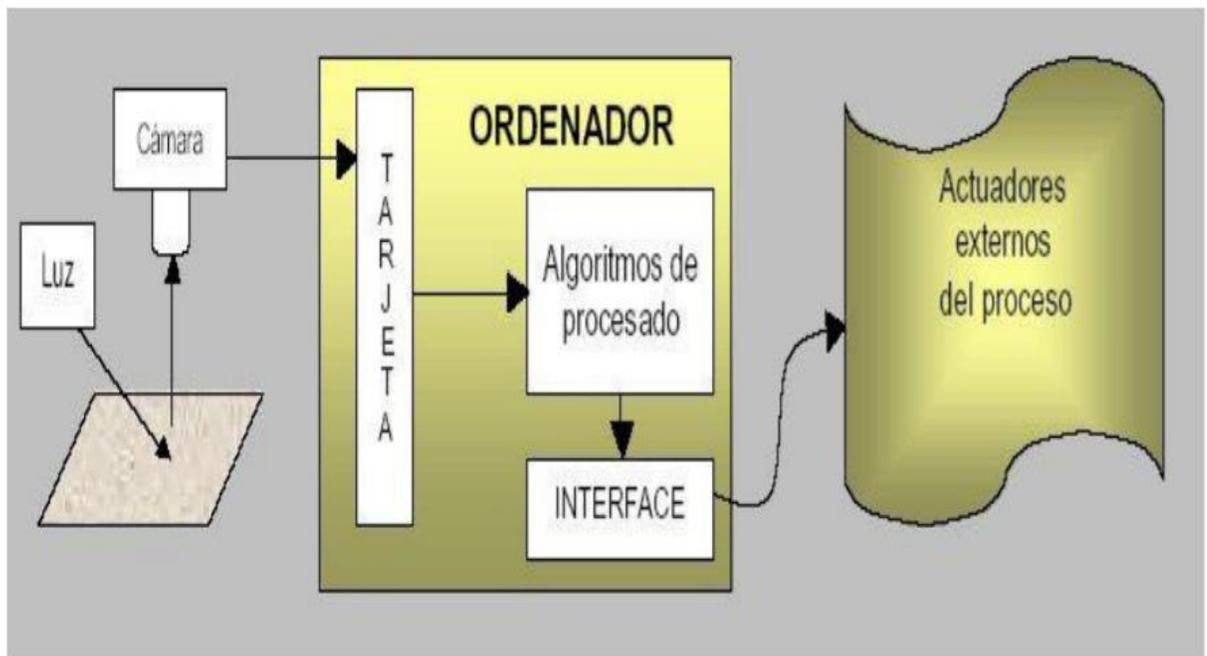
## 8. RESULTADOS

En éste capítulo, tendrá lugar la explicación acerca de los elementos integrantes de la solución encontrada para dar respuesta al problema, objeto del presente trabajo investigativo. De igual forma, se ilustrará acerca de la forma en la que se arribó a tal solución para finalmente dar a conocer el producto obtenido finalmente.

### 8.1. PLANOS.

El plano estructural se elaboró a partir de los elementos de un sistema de visión artificial, que pueden ser visibilizados en la siguiente ilustración:

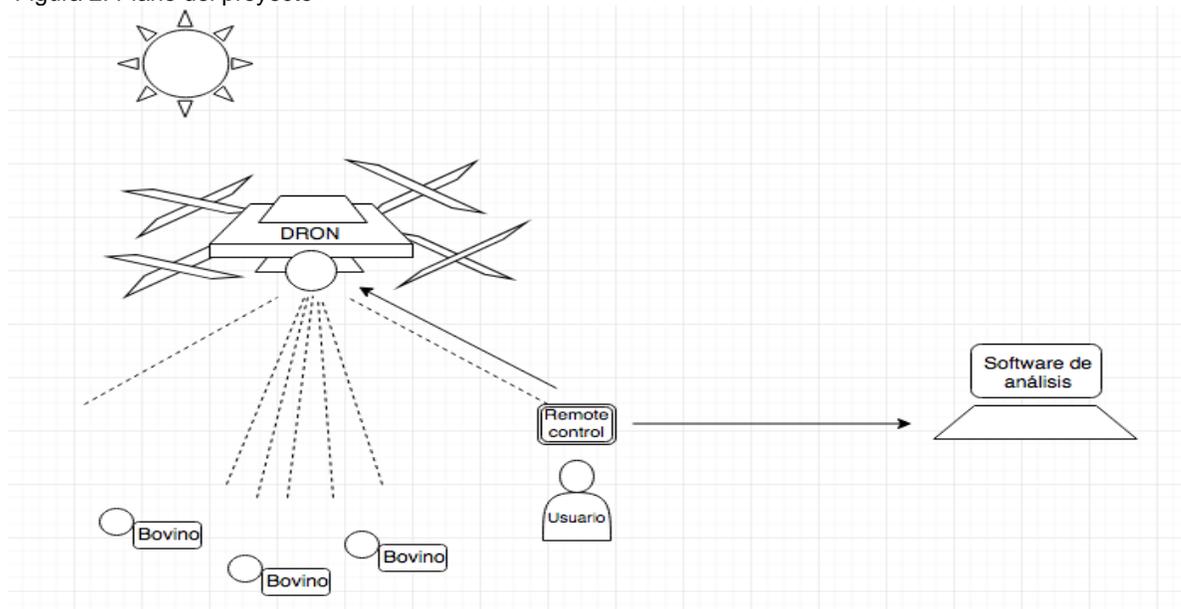
Figura 1: Esquema general de sistema de visión artificial



Fuente: (LOZANO MANTILLA, Germán Andres & ORDUZ RODRIGUEZ, 2015)

Teniendo como base este esquema, el cual incluye los elementos a los que se ha venido haciendo referencia, esto es, incluye los dispositivos de hardware y software ya explicados en el decurso de este documento, se procede a diseñar el plano, que también resulta ilustrativo acerca de la composición y funcionamiento del diseño propuesto:

Figura 2: Plano del proyecto

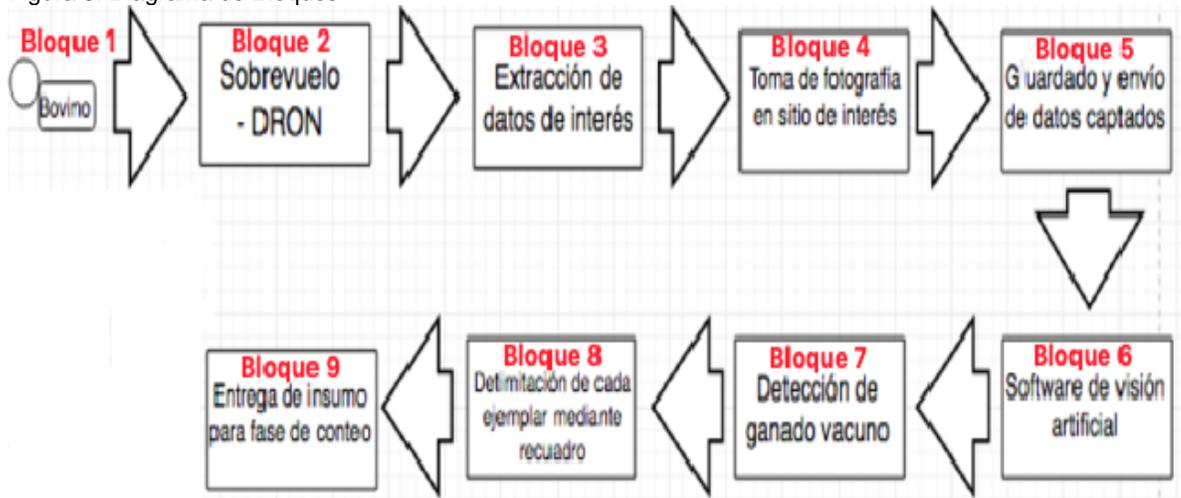


Fuente: Diseño del autor

## 8.2. DIAGRAMA DE BLOQUES.

A continuación, se presenta la secuencia de funcionamiento del sistema:

Figura 3: Diagrama de Bloques



Fuente: Diseño del autor

La explicación del diagrama precedente, es que se esboza a continuación.

**8.2.1. Bloque 1 “Bovino”.** Se trata de los elementos objetivo del ejercicio de detección. Por parte del operador del sistema, debe fijarse el escenario objeto de la aplicación del proceso, el cual deberá tener en su interior un número x de bovinos.

Para este proyecto, el objeto de interés correspondió a ejemplares de la raza de bovinos de mayor presencia en la ciudad de Tunja, esto es, normando.

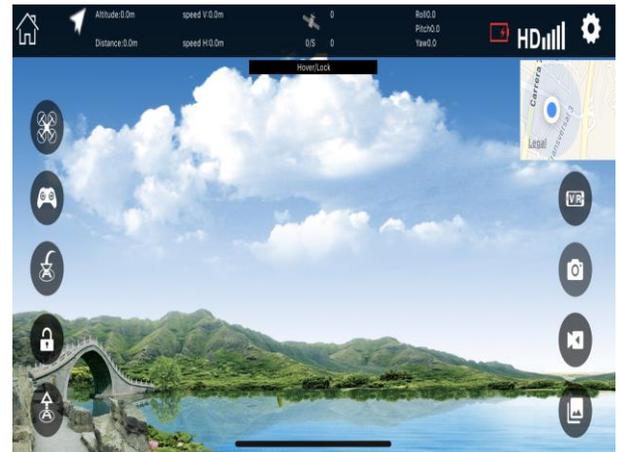
**8.2.2. Bloque 2 “Sobrevuelo – DRON”.** El operador debe realizar un sobrevuelo del escenario de interés y tener la capacidad de ubicar el dispositivo dron en puntos aptos e idóneos para la captación de imágenes.

Figura 4: Dron SG900s



Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

Figura 5: Interfaz de usuario del app FW FPV



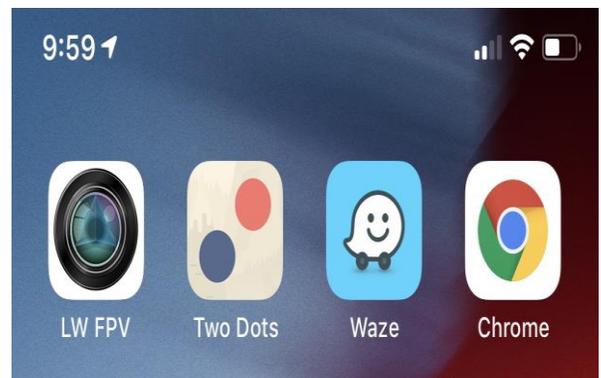
Fuente: Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

Figura 6. Control remoto + Smart Phone



Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

Figura 7: Vista en pantalla del App LW FPV



Fuente: Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

Para adelantar la actividad correspondiente a este bloque de operación, el usuario debe usar el RPAS, con sus diferentes componentes, esto es, dron, control remoto, smart phone y app.

En el proyecto objeto del presente trabajo, se utilizó el dron SG900s, cuyas especificaciones se encuentran en el Anexo C de este documento. El control remoto, interfaz de usuario y App de control forman parte del paquete incluido por el fabricante y que en su conjunto, conforman el sistema RPAS, usado en el presente trabajo. Debe indicarse también que el App de control se instala en el dispositivo SmartPhone, cuyas especificaciones se encuentran en el ANEXO B.

El App cuenta con la posibilidad de planificación de vuelo por coordenadas, las cuales pueden ser fijadas para el sitio de interés de que se trate, con ayuda del dispositivo GPS, con el que cuenta el DRON.

También se debe tener en cuenta el tiempo de autonomía del dron, es cual es de 13 minutos, el rango de vuelo es de 300 metros a la redonda y las dimensiones del dispositivo (29\*29\*4), para efectos de maniobrabilidad con obstáculos externos, como árboles, postes de electricidad, entre otros.

Figura 8: Batería del dron



Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

Figura 9: Dimensiones del dron



Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

Para efectos de maniobrabilidad, se tiene que el dron funciona con 4 canales. La cantidad de canales de frecuencia determina cuántas acciones individuales se pueden controlar en un dron.<sup>44</sup>. Los canales son:

- Throttle: aceleración
- Yaw: giro hacia la izquierda o derecha.
- Pitch: inclinación hacia delante o hacia atrás.
- Roll: rodar hacia la izquierda o hacia la derecha.

El método de transmisión con el que cuenta el usuario es FPV (first person view).

El dron corresponde a un modelo SG900s Ultra HD 1080P, fabricado en la ciudad de Shanzen – China. El dron se maneja desde un control remoto que también es recargable por vía de conexión a la red eléctrica, y que trae a nivel de software una aplicación que se usa en el Smart-Phone, el cual también se integra al sistema de control remoto, a través de una dirección ip

El operador de vuelo del dron observa el posicionamiento y capta las imágenes y videos de interés. Para esto puede ayudarse de una funcionalidad propia de éste dron, que permite realizar vuelos de precisión (fixed flight), con ayuda de su sistema de GPS.

Figura 10: Visualización de plan de vuelo



Fuente: FeiChao Technology Co. Ltd

<sup>44</sup> MIDRONDECARRERAS. Sitio web.

<https://www.midrondecarreras.com/dron/tutoriales/emisoras-y-transmisor-rc/>

Como protocolo de comunicación, gracias al sistema FPV, se cuenta con la posibilidad de ver en tiempo real la cámara montada en el dispositivo dron. Así, se tiene a disposición el conjunto de los elementos necesarios para captar, enviar y recibir la imagen en tiempo real desde la aeronave.

Los principales elementos para realizar esto son:

- Cámara FPV: Capta la imagen de lo que estaría viendo el dron.
- Emisor FPV: Envía la imagen de la cámara FPV a un receptor de vídeo.
- Receptor de vídeo: sistema que recibe la imagen enviada por el emisor FPV.
- Pantalla FPV: Permite visualizar la imagen que ha recibido el receptor de vídeo.

A continuación, se presenta el video de sobrevuelo efectuado:

Fecha y hora de realización: 18 de noviembre de 2018, 10:20 a.m.;

Lugar: Tunja, vía universitaria, cerca contraria a la urbanización las quintas, contiguo al Campus Universitario de la Universidad Santo Tomás).

<https://drive.google.com/open?id=1Z1thrwf1bB0zLPbzM61hBR8SE-TcSqx2>

**8.2.3. Bloque 3 “Extracción de datos de interés”:** Se delimita y verifica la capacidad del dron para surcar de forma aérea, la totalidad del área de interés. Se extraen datos de tiempo de vuelo necesario, altitud e idoneidad de la cámara para el fin propuesto. El fin principal de esta fase, es verificar que la cámara con la que se cuenta, esto es, una integrada ultra HD, con resolución de foto de 1920 \* 1080 pixeles y resolución de video 1920 \* 1080 pixeles, ofrece imágenes que brinden nitidez a simple vista, así como el panorama adecuado.

**8.2.4. Bloque 4 “Toma de fotografía en sitio de interés”:** Se acciona la cámara de dispositivo en varias oportunidades. Las imágenes son guardadas en el smart phone que se usa para el manejo del dron vía remota y pueden ser direccionadas al dispositivo elegido (Computador portátil) para su análisis, ya en sede de la aplicación del software de visión artificial. A través de la cámara integrada al dispositivo dron, se toman las imágenes fotográficas de los semovientes en los sitios indicados e idóneos para el efecto, teniendo en cuenta los datos recolectados de manera previa en el bloque 3.

Figura 11: Fotografía obtenida en posicionamiento ideal.



Fuente: Fotografía tomada por el dron.

Esta imagen fue obtenida, mediante sobrevuelo realizado con el dispositivo dron, en la Avenida Universitaria, a la altura de la calle 48, siendo las diez de la mañana (10:00 a.m.) del día 17 de noviembre de 2018.

**8.2.5. Bloque 5 “Guardado y envío de datos captados”.** En este punto, la tecnología FPV (first person view) aporta los elementos necesarios para que el operador tenga la misma visión de vuelo que tiene el dispositivo dron y reciba la imagen en tiempo real.

Respecto de los elementos de un sistema FPV, se tiene que los dos primeros componentes, esto es, la cámara FPV y el emisor FPV están integrados en el dispositivo dron. Los componentes de recepción de imagen y pantalla son aportados por el smart phone usados para el manejo del dispositivo dron.

Para la conexión entre el smart Phone, el control remoto y el dispositivo dron, éste último tiene integrado un router que emite una señal wifi identificable con una dirección ip, la cual es detectada y enlazada por el smart phone, que a su vez entra en conexión con el control remoto mediante la misma señal wifi, para formar un lazo cerrado de red. A través de este medio, el dispositivo dron recibe las órdenes de manejo y a su turno, envía los datos captados con las características de FPV.

Las fotos captadas son guardadas de forma directa en la memoria del smart phone, pero solo son visibles al acceder al App instalada, en el directorio de imágenes. Esta funcionalidad también permite su exportación directa al dispositivo en el cual se halla instalado el software de procesamiento de imágenes y de reconocimiento de los objetos de interés, que para nuestro caso, es el computador portátil Mac Book Pro. Ver Anexo A de este documento.

Figura 12: Computador portátil MacBook Pro 13”



Fuente: Apple inc.

**8.2.6. Bloque 6: “Software de visión artificial”.** Se trata del paso de mayor importancia en el presente trabajo, toda vez que en el mismo se explicará la forma en la que fué llevado a cabo el acondicionamiento del algoritmo finalmente utilizado para la detección de ejemplares de ganadería vacuna. En este tópico, en primer lugar, se explicarán los intentos previos que fueron llevados a cabo sin la obtención de resultados adecuados, para luego exponer el modelo que cumple con los requerimientos objeto del presente trabajo de investigación.

**8.2.6.1 Intentos previos.** Dentro de este ítem, se recogen las experiencias que tuvieron lugar con los denominados cognitive services y open cv.

**Cognitive Services.** Una vez instaladas las librerías respectivas, se trató de llegar a un reconocimiento exitoso de los ejemplares de ganado vacuno con base en las herramientas relativas a los servicios cognitivos de google, IBM y Microsoft cognitive services, lo que arrojó resultados adversos en Label Detection (detección de objetos). Como podrá observarse, se encontró que estas herramientas mostraron buenos resultados en detección de paisajes y otro tipo de aplicaciones que no resultaban aplicables a nuestro objeto de estudio.

Para comenzar, se efectuó la instalación de las librerías necesarias para la utilización de servicios cognitivos:

Figura 13: Entorno de librerías cognitive services

```
1 library(tidyverse)
2 library(leaflet)
3 library(RoogleVision)
4 library(jsonlite)
5 library(EBImage)
6
7 c <- fromJSON(file.choose())
8 options("googleAuthr.client_id" = "851130072237-1kdr11eqmvhoej4cirru8n1f7i0294ag.apps.googleusercontent.com")
9 options("googleAuthr.client_secret" = "39LYtPsl8pR6LksBlcmYqQSE")
10 options("googleAuthr.client_id" = c$installed$client_id)
11 options("googleAuthr.client_secret" = c$installed$client_secret)
12 options("googleAuthr.scopes.selected" = c("https://www.googleapis.com/auth/cloud-platform"))
13 googleAuthr::gar_auth()
```

Fuente: Software R.

Ahora bien, se dio aplicación a las dos herramientas previsiblemente aplicables a nuestro objeto de estudio, esto es: "Label Detection y Landmark Detection" (detección de objetos y detección de paisajes).

Figura 14: Landmark detection sin bounding box

The screenshot shows the R Studio environment with the following components:

- Source Editor:** Contains R code for landmark detection using the RoogleVision package. The code includes file selection, authentication, and processing of a bounding polygon to identify landmarks.
- Environment Pane:** Shows the objects created in the global environment: 'c' (a list), 'p' (a data frame with 1 observation and 5 variables), and 'pic' (a large image).
- Console:** Displays the output of the R code, including the detection of 'Saint Basil's Cathedral' with a score of 0.637 and its bounding polygon vertices.
- Viewer Pane:** Displays the image of Saint Basil's Cathedral, which is the subject of the landmark detection.

Fuente: Software R.

Figura 15: Landmark detection con bounding box

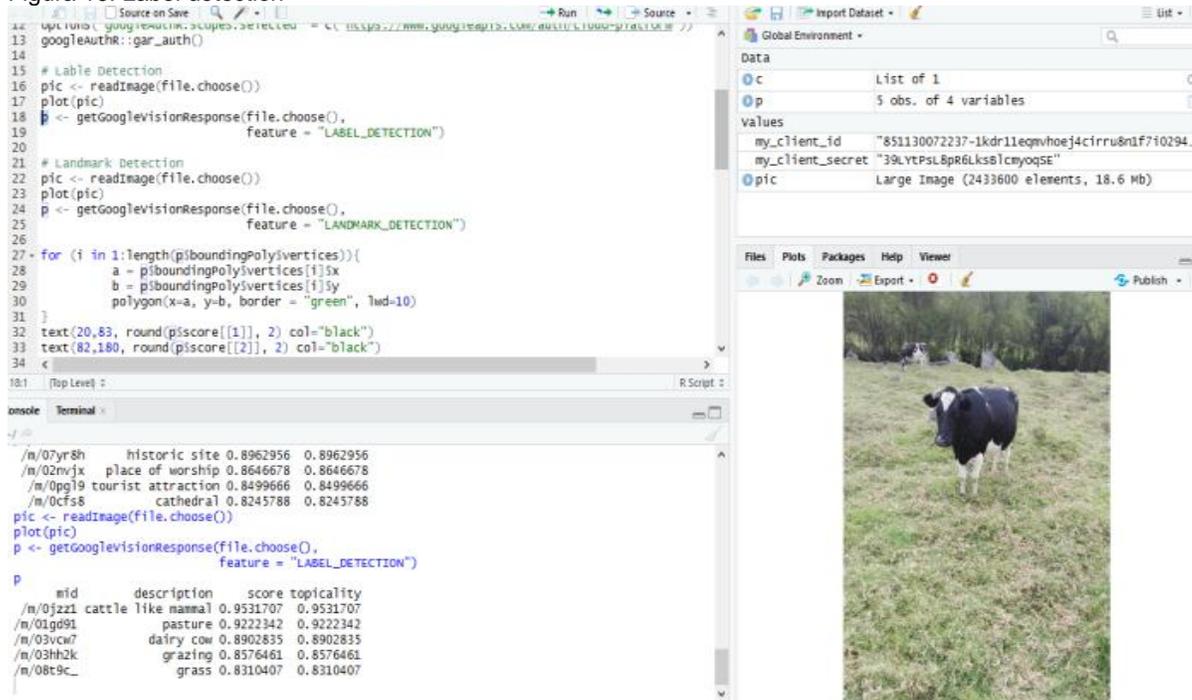
The screenshot displays the RStudio interface. The top-left pane shows R code for landmark detection using the Google Vision API. The code includes steps for reading an image, sending it to the API with the 'LANDMARK\_DETECTION' feature, and processing the results to draw a bounding box around the detected landmark. The bottom-left pane shows the R console output, which includes the API response and the execution of the bounding box drawing function. The right-hand side of the interface shows the 'Global Environment' pane with variables 'c', 'p', and 'pic'. The 'Values' pane shows the data types and sizes for these variables. The bottom-right pane displays the image of Saint Basil's Cathedral with a green bounding box drawn around it.

Fuente: Software R.

En la imagen, observamos que el sistema arroja como resultado un recuadro de demarcación “bounding box”, para identificar a la catedral de San Basilio, en la ciudad de Moscú.

Sin embargo, al tratar de aplicar estas mismas herramientas a un ejemplar de ganado vacuno, no se obtiene un recuadro que delimite la imagen. Por el contrario, lo que las herramientas de servicios cognitivos hacen, cuando se trata de objetos distintos a paisajes, es indicar lo que hay en la imagen, esto es, pasto, árboles y otros objetos, lo que no se ajusta a nuestras necesidades, dado que lo que buscamos es la identificación concreta del ganado vacuno, esto es, cada unidad por separado:

Figura 16: Label detection



Fuente: Software R.

- **Open CV - Python.** Una vez instaladas las librerías de Open CV, se llevó a cabo la apertura de una cuenta en la plataforma “digital ocean” ([www.digitalocean.com/](http://www.digitalocean.com/)), la cual nos permite tener acceso a servidores virtuales que usan el lenguaje de programación Linux, necesario para la creación de Haar Cascades (clasificador de objetos en imágenes) desde la plataforma OPEN CV.

Debe indicarse que la creación del archivo de clasificación Haar Cascade, es llevada a cabo con la utilización del lenguaje de programación Python. En este punto, se procedió al diseño de una Haar Cascade para ganado vacuno, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- **Recolección de imágenes negativas o imágenes de fondo:** Puede ser cualquier imagen. Simplemente debemos estar seguros de que nuestro objeto no esté presente o no sea visible. Se necesitan miles de ellas. Es recomendable usar imágenes negativas de 100 \* 100 pixeles. Esta recolección se efectuó con base en la laboratorio de imágenes IMAGENET, disponible en el sitio web [www.image-net.org](http://www.image-net.org).
- **Recolección de imágenes positivas.** Pueden ser miles de ellas o una sola.

Las imágenes positivas deben ser de 50\*50 pixeles. Se eligieron dos objetos de interés para la realización de pruebas: Un reloj y un ejemplar de ganado:

Figura 17: Imagen positiva de Reloj, 50\*50 pixeles configurados.



Fuente: Fotografía tomada con Celular iphone x, 10-10-2018

Figura 18: Imagen positiva de semoviente, 50\*50 pixeles configurados.



Fuente: Fotografía tomada con Celular iphone x, 10-10-2018

- **Creación de un archivo de vector de imagen positiva:** Este archivo es el que permite la búsqueda de las imágenes de interés, dentro de un cúmulo de imágenes distintas a aquellas.

Figura 19: Archivo de vector de imagen positiva

Nombre	Tamaño	Modificado	Permisos
..		30/01/2018 02:53:04 p.m.	rw-r--r--
data		10/02/2018 07:16:29 a.m.	rw-r--r--
info		06/02/2018 03:21:52 p.m.	rw-r--r--
neg		06/02/2018 02:53:27 p.m.	rw-r--r--
opencv		30/01/2018 02:55:45 p.m.	rw-r--r--
uglies		01/02/2018 06:52:44 p.m.	rw-r--r--
5050festina.jpg	4 KB	06/02/2018 02:57:27 p.m.	rw-r--r--
bg.txt	38 KB	06/02/2018 03:09:04 p.m.	rw-r--r--
positives.vec	2.191 KB	06/02/2018 03:29:04 p.m.	rw-r--r--

Fuente: open cv workspace

- **Entrenamiento de Haar Cascade cascada en estaciones.** Esto se logra mediante líneas de código en lenguaje Python, que activan el entrenamiento del archivo Haar Cascade creado. Entre mayor sea el número de estaciones de entrenamiento, mayor será el nivel de exactitud alcanzado

Figura 20: Archivos XML de entrenamiento de Haar Cascade

/root/opencv_workspace/data/			
Nombre	Tamaño	Modificado	Perm
📁		06/02/2018 03:29:03 p.m.	rw-r
📄 1cascade.xml	225 KB	08/02/2018 08:53:14 a.m.	rw-r
📄 cascade.xml	225 KB	10/02/2018 07:16:29 a.m.	rw-r
📄 params.xml	1 KB	06/02/2018 03:45:30 p.m.	rw-r
📄 stage0.xml	3 KB	06/02/2018 03:45:30 p.m.	rw-r
📄 stage1.xml	4 KB	06/02/2018 04:01:01 p.m.	rw-r
📄 stage2.xml	6 KB	06/02/2018 04:23:07 p.m.	rw-r
📄 stage3.xml	6 KB	06/02/2018 04:47:07 p.m.	rw-r
📄 stage4.xml	8 KB	06/02/2018 05:13:45 p.m.	rw-r
📄 stage5.xml	8 KB	06/02/2018 05:41:18 p.m.	rw-r
📄 stage6.xml	9 KB	06/02/2018 06:11:40 p.m.	rw-r
📄 stage7.xml	9 KB	06/02/2018 06:41:09 p.m.	rw-r
📄 stage8.xml	10 KB	06/02/2018 07:14:05 p.m.	rw-r
📄 stage9.xml	11 KB	06/02/2018 07:48:42 p.m.	rw-r
📄 stage10.xml	12 KB	07/02/2018 10:54:35 a.m.	rw-r
📄 stage11.xml	11 KB	07/02/2018 11:17:07 a.m.	rw-r

Fuente: Open CV work space

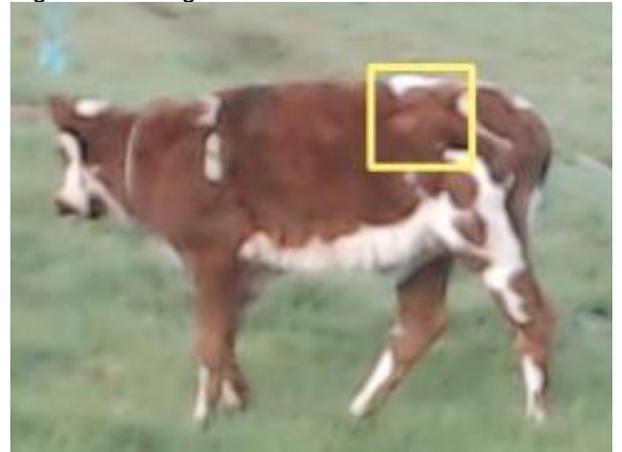
Los resultados obtenidos tras este entrenamiento fueron los siguientes:

Figura 21: Imagen con reloj detectado



Fuente: Software Open CV

Figura 22: Imagen con semoviente detectado



Fuente: Software Open CV

En los dos casos, el objeto de interés debía estar bastante cerca de la cámara captadora de la imagen, lo que no se ajusta a las necesidades de una detección

desde la altura de sobrevuelo de un dispositivo dron. Por otro lado, en el caso del ejemplar de ganado había demasiada intermitencia en la detección, sin que se lograra un recuadro que delimitara el ejemplar de ganado por completo.

**8.2.6.2. Intento exitoso.** Se seleccionó la utilización del software Open CV, instalado en computador con sistema operativo Mac Os, el cual está contenido en la librería cv2. El código corre en lenguaje Python 2.7 y se utiliza para la aplicación del algoritmo basado en la herramienta YOLO.

Figura 23: Esquema de herramientas usadas para la propuesta de solución



Fuente: Open CV, Python, Yolo.

Con ayuda de YOLO, se integra una herramienta que funciona bajo la forma de un algoritmo, denominado Convolutional Neural Network, en español, red neuronal convolucional. Los algoritmos de red neuronal convolucional actúan de forma semejante a la del cerebro humano, siendo capaces de enfocarse en una región estricta de una imagen, y así detectar patrones pertinentes de cara al objeto de interés.

Con ayuda del conocimiento adquirido de manera previa en la construcción de cascadas de detección, pudo aplicarse tal herramienta a la cascada de detección de ganado previamente diseñada, se logra la potencialización de sus posibilidades de detección.

El código de programación utilizado, fue el siguiente:

Figura 24: Código de programación exitoso

```
python
import numpy as np
import cv2

cd yolo-9000
cat yolo9000-weights/x* > yolo9000-weights/yolo9000.weights #
it was generated from split -b 95m yolo9000.weights
md5 yolo9000-weights/yolo9000.weights #
d74ee8d5909f3b7446e9b350b4dd0f44 yolo9000.weights
git reset --hard b61bcf544e8dbcb2e978ca6a716fa96b37df767
make # Will run on CPU. For GPU support, scroll down!

img = cv2.imread('/Users/cristiancamilocuevas/Desktop/OPENCV
NEW ADVANCES/Antiguos archivos/droncow8.jpg')

gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)

for (x,y,w,h) in faces:
    cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (255,0,0), 2)
    roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
    roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
    eyes = eye_cascade.detectMultiScale(roi_gray)
    for (ex,ey,ew,eh) in eyes:

cv2.rectangle(roi_color, (ex,ey), (ex+ew,ey+eh), (0,255,0), 2)
cv2.imshow('img',img)
k = cv2.waitKey(0)
if k == 27:
    cv2.destroyAllWindows()
elif k == ord('s'): # wait for 's' key to save and exit
    cv2.imwrite('messigray.png',img)
    cv2.destroyAllWindows()
cd darknet
./darknet detector test cfg/combine9k.data cfg/yolo9000.cfg
../yolo9000-weights/yolo9000.weights data/droncow8.jpg
```

Fuente: líneas de código acondicionadas por el autor

Este código de programación, lo que hace básicamente es utilizar los vectores de imagen positiva ya diseñados con las librerías Open CV, para indicarle a la herramienta YOLO qué es lo que se quiere detectar, la que a su turno, con base en su estructura de red neuronal convolucional, selecciona las imágenes de interés y brinda un resultado satisfactorio acorde con los objetivos del proyecto.

**8.2.7. Bloque 7: “Detección de ganado vacuno”.** Es en este punto, donde las imágenes captadas son sometidas a la aplicación del algoritmo de reconocimiento de reconocimiento de objetos utilizado que resultó exitoso.

Figura 25: Aplicación de código de programación - análisis de predicción de presencia de objeto de interés

```

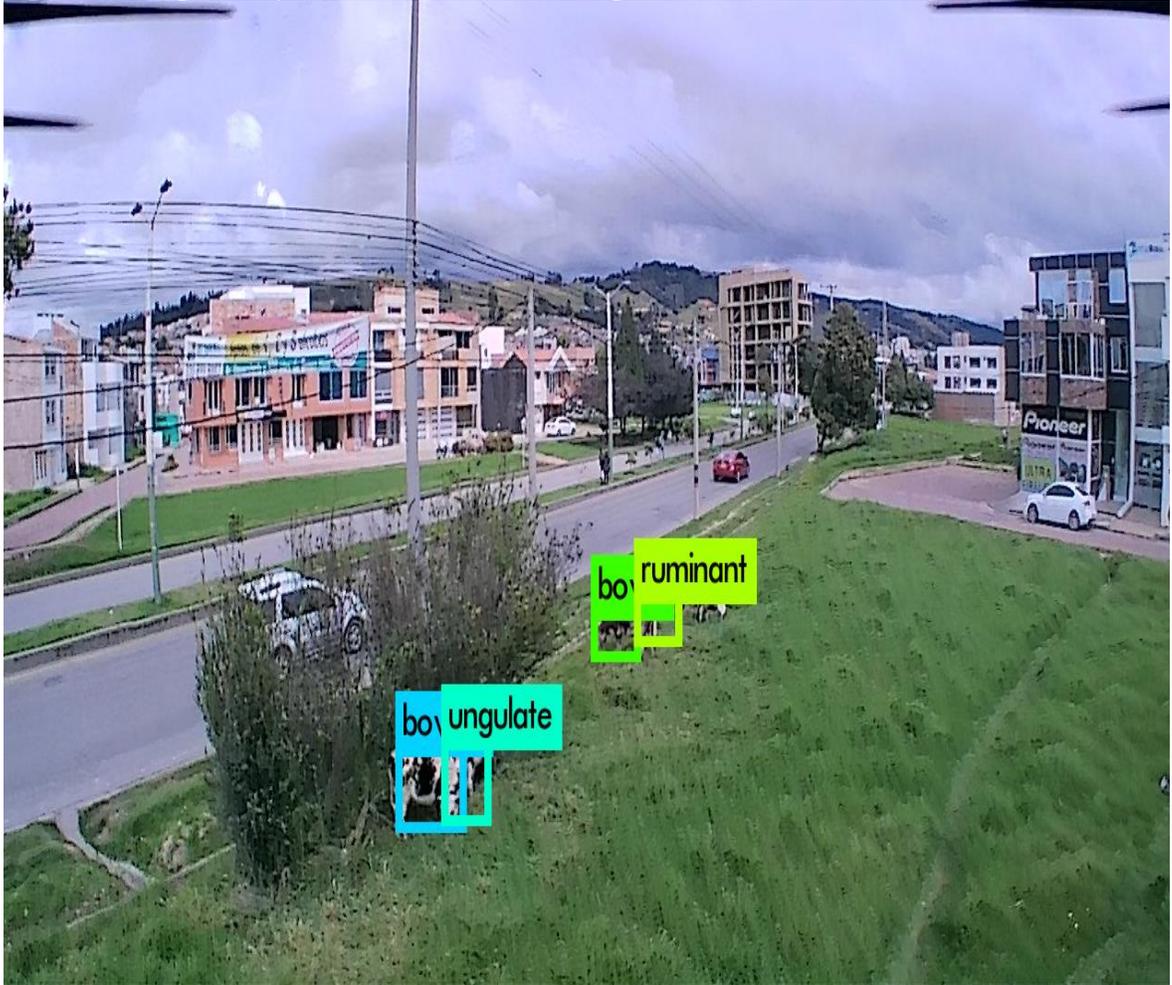
not compiled with OpenCV, saving to predictions.png instead
Cristians-MBP:darknet cristiancamilocuevas$ ./darknet detector test cfg/comb:
layer   filters  size      input                               output
  0 conv    32  3 x 3 / 1  416 x 416 x  3  ->  416 x 416 x  32
  1 max          2 x 2 / 2  416 x 416 x 32  ->  208 x 208 x  32
  2 conv    64  3 x 3 / 1  208 x 208 x 32  ->  208 x 208 x  64
  3 max          2 x 2 / 2  208 x 208 x 64  ->  104 x 104 x  64
  4 conv   128  3 x 3 / 1  104 x 104 x 64  ->  104 x 104 x 128
  5 conv    64  1 x 1 / 1  104 x 104 x 128 ->  104 x 104 x  64
  6 conv   128  3 x 3 / 1  104 x 104 x 64  ->  104 x 104 x 128
  7 max          2 x 2 / 2  104 x 104 x 128 ->   52 x  52 x 128
  8 conv   256  3 x 3 / 1   52 x  52 x 128 ->   52 x  52 x 256
  9 conv   128  1 x 1 / 1   52 x  52 x 256 ->   52 x  52 x 128
 10 conv   256  3 x 3 / 1   52 x  52 x 128 ->   52 x  52 x 256
 11 max          2 x 2 / 2   52 x  52 x 256 ->   26 x  26 x 256
 12 conv   512  3 x 3 / 1   26 x  26 x 256 ->   26 x  26 x 512
 13 conv   256  1 x 1 / 1   26 x  26 x 512 ->   26 x  26 x 256
 14 conv   512  3 x 3 / 1   26 x  26 x 256 ->   26 x  26 x 512
 15 conv   256  1 x 1 / 1   26 x  26 x 512 ->   26 x  26 x 256
 16 conv   512  3 x 3 / 1   26 x  26 x 256 ->   26 x  26 x 512
 17 max          2 x 2 / 2   26 x  26 x 512 ->   13 x  13 x 512
 18 conv  1024  3 x 3 / 1   13 x  13 x 512 ->   13 x  13 x1024
 19 conv   512  1 x 1 / 1   13 x  13 x1024 ->   13 x  13 x 512
 20 conv  1024  3 x 3 / 1   13 x  13 x 512 ->   13 x  13 x1024
 21 conv   512  1 x 1 / 1   13 x  13 x1024 ->   13 x  13 x 512
 22 conv  1024  3 x 3 / 1   13 x  13 x 512 ->   13 x  13 x1024
 23 conv 28269  1 x 1 / 1   13 x  13 x1024 ->   13 x  13 x28269
 24 detection
Loading weights from ../yolo9000-weights/yolo9000.weights...Done!
data/droncow8.jpg: Predicted in 4.638635 seconds.
bovid: 30%
ruminant: 31%
bovine: 43%
ungulate: 25%
Not compiled with OpenCV, saving to predictions.png instead
Cristians-MBP:darknet cristiancamilocuevas$ █

```

Fuente: Python – Yolo – open cv

**8.2.8. Bloque 8: “Delimitación de cada ejemplar mediante recuadro”.** Una vez las imágenes de interés sean objeto de la aplicación del algoritmo de programación, se procederá a hacer visible su detección a través de los recuadros denominados “bouding boxes”.

Figura 26: Imagen con prueba exitosa, con bounding boxes



Fuente: Autor - Fotografía tomada por el dron.

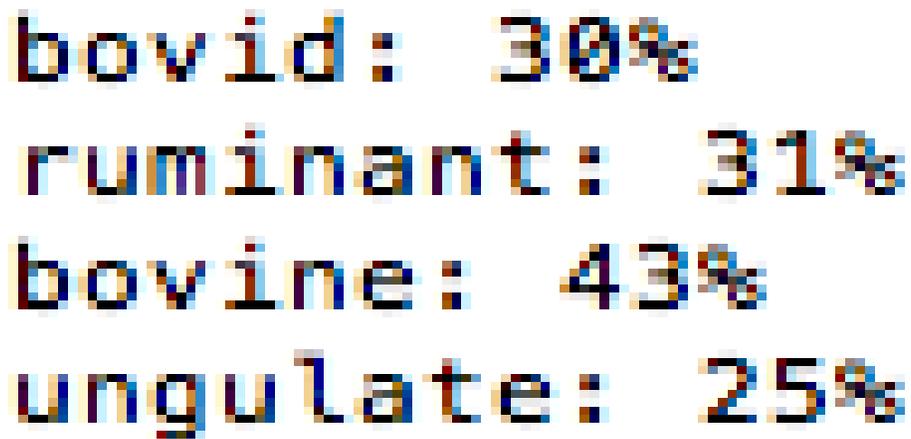
**8.2.9. Bloque 9: “Entrega de insumo para fase de conteo”:** Es el eslabón que une el objeto del presente trabajo, con la fase número dos del proyecto, que implica la implementación del algoritmo de conteo de cada una de las “bouding boxes”, que se traducen en el número de ejemplares de ganado vacuno detectados.

En el computador portátil usado en el proyecto, una vez aplicado el algoritmo diseñado a la imagen de interés, se obtiene el siguiente resultado gráfico, que básicamente indica los niveles o porcentajes de probabilidad de aparición del objeto de interés.

En la imagen, aparecen 4 ejemplares de ganado vacuno. El resultado final es un número, en escala de 0 a 100, del porcentaje de su probabilidad de aparición.

Una escala apreciable, es aquella que tenga un porcentaje superior a 20, dado que entre mayor sea la cercanía a 0, se estará ante una mayor probabilidad de error en la detección.

Figura 27. Resultado predictivo arrojado por el software



bovid: 30%  
ruminant: 31%  
bovine: 43%  
ungulate: 25%

Fuente: Open CV –Python- Yolo

## 9. CONCLUSIONES

- El acondicionamiento de un algoritmo requiere de un dedicado ejercicio de prueba, bajo el método de ensayo – error, con miras a obtener el resultado deseado, siendo la detección de objetos un campo de la robótica en el que existe un gran margen de desacierto.
- Un sistema de visión artificial requiere de la armonización de diferentes elementos y de la concurrencia de los mismos, para llegar a la obtención de resultados confiables de la detección de los objetos de interés.
- El dispositivo dron, representó una elección adecuada a los fines del proyecto, toda vez que las ventajas que ofrece la perspectiva de las imágenes que puede captar, es bastante conveniente para el éxito de la aplicación de los algoritmos de visión artificial. Las pruebas de funcionamiento exitosas, resultaron ser el fruto de la conjugación de diferentes herramientas de software, que en la actualidad están al alcance del público bajo la modalidad de código abierto.
- El asunto relativo al tiempo de autonomía del dron, es un verdadero obstáculo en este tipo de proyectos, por lo que el sistema debe trabajar de forma rápida con miras a lograr a la mayor brevedad posible el posicionamiento requerido para la adecuada captación de imágenes.

## **10. DIVULGACIÓN**

Además de las posibles publicaciones que puedan llevarse a cabo en revistas que estén bajo la titularidad de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, que tengan como base la presente monografía de proyecto de grado titulado “Acondicionamiento e implementación de algoritmo para la detección de ganadería vacuna”, se tendrá como único medio de divulgación el repositorio institucional de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, donde obrará como referencia de consulta.

## BIBLIOGRAFIA

- AEROCIVIL. (1974). Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%201%20-%20Definiciones.pdf>
- AEROCIVIL. (2015). Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/certificacion-y-licenciamiento/Documents/PROYECTO%20BORRADOR%20CIRCULAR%20RPAS.pdf>
- AEROCIVIL. (2016). Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/cea/quienes-somos/nuestra-historia>
- AEROCIVIL. (2017). Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC%20MAR%2031%20de%202008/PARTE%20CUARTA.pdf>
- BRAVO, C., RAMIREZ, P., & ARENAS, J. (2018). *Aceptación del reconocimiento facial como medida de vigilancia y seguridad: Un estudio empírico en Chile*. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=20&sid=ae854add-47ef-4098-a8ec-4fa43380df60%40sdc-v-sessmgr03>
- COLCIENCIAS. (2018). *CvLac. Colciencias*. Obtenido de [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001451407](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001451407)
- DIGITAL OCEAN. (2017). Obtenido de <https://www.digitalocean.com/community/questions/how-to-install-opencv-in-digital-ocean-ubuntu-one-click-ai-droplet>
- DIGITAL OCEAN. (2017). Obtenido de <https://www.digitalocean.com/community/questions/how-to-install-opencv-in-digital-ocean-ubuntu-one-click-ai-droplet>

- ESPINAL-ROJAS , A., & ERAZO AUX, J. (2017). DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE EQUIPPED WITH ARTIFICIAL VISION FOR THE SEARCH OF PEOPLE. *Sistemas & Telemática*, Sitio Web:  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=124818969&S=R&D=aci&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep644zdneyOLCmr1Cep7BSs6y4SLGWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr0yyp65KuePfgex43zx>.
- GU, J., WANG, Z., GAO, R., & WU, H. (2017). Cow behavior recognition based on image analysis and activities. *International journal of Agricultural and Biological Engineering*, Sitio web:  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=123486613&S=R&D=a9h&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep644zdneyOLCmr1Cep65Ssq4S66WxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr0yyp65KuePfgex43zx>.
- GUILLERMINA, B. (2014). *La investigación documental*. Obtenido de <https://investigacioncientifica.org/que-es-la-investigacion-documental-definicion-y-objetivos/>
- GUO Wei, YANG, W., HAIJIAN, Z., & GUANG , H. (2017). GEOSPATIAL OBJECT DETECTION IN HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES BASED ON MULTISCALE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK. Sitio web:  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=127620259&S=R&D=a9h&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep644zdneyOLCmr1Cep7BSsai4TbOWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr0yyp65KuePfgex43zx>.
- GUO X.Hu, ZHONG , Y., HU, L., HUANG, L., & HAN, J. (2018). Small Object Detection with Multiscale Features. Sitio Web:  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=132050922&S=R&D=aci&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep644zdneyOLCmr1Cep69Ss624Sq%2BWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr0yyp65KuePfgex43zx>.
- HECHT, J. (2017). Still overcoming challenges, facial recognition technology advances. *Penn Well Corporation*.
- JIMENEZ, A. (2017). Tecnología que lee tus emociones. *Synapbox*.

KNIGHT, W. (2017). Paying with your face. *MIT technology review*.

KUMAR, I., KAPOOR, H., ANURAJ, B., & MISHRA, P. (2018). *International Journal of Advanced Research in Computer Science*.

LOZADA, J. (2016). *Universidad Tecnológica de Indoamerica*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

LOZANO MANTILLA, Germán Andres, & ORDUZ RODRIGUEZ, J. (2015). *Diseño de un sistema de visión artificial para la revisión de nivel de llenado de bebidas embotelladas*. Obtenido de <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1371/TMCT%200013C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MANN, M., & SMITH, M. (2003). AUTOMATED FACIAL RECOGNITION TECHNOLOGY: RECENT DEVELOPMENTS AND APPROACHES TO OVERSIGHT. *UNSW Law Journal*.

PULLI, H., BAKSHEEV, A., KORNIKOV, K., & ERUHIMOV, V. (2012). Real Time Computer Vision with OpenCV.

REDMON Joseph, D. S. (9 de 05 de 2016). Obtenido de <https://arxiv.org/pdf/1506.02640.pdf>

TOWARDS DATA SCIENCE. (2015). Obtenido de <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>

Universidad del País Vasco. (2016). *Visión por computador*. Obtenido de <http://www.ehu.es/ccwintco/uploads/d/d4/PresentacionMundoVirtual.pdf>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2016). *Líneas de investigación*. Obtenido de [https://academia.unad.edu.co/images/escuelas/ecbti/Investigaci%C3%B3n/Grupos\\_por\\_cadena\\_de\\_formaci%C3%B3n/Cadena\\_de\\_formaci%C3%B3n\\_ETR.pdf](https://academia.unad.edu.co/images/escuelas/ecbti/Investigaci%C3%B3n/Grupos_por_cadena_de_formaci%C3%B3n/Cadena_de_formaci%C3%B3n_ETR.pdf)

VISION SYSTEMS DESIGN. (2017). Computer Vision and deep learning enhance drone capabilities. *Business Source Premier*, Sitio web:  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=125143016&S=R&D=buh&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep644zdnyOLCmr1Cep7NSs6q4S7WWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr0yyp65KuePfgex43zx>.

WANG, J., ZHITAO, H., GUOQIANG, Z., SONG, G., & KAIXUAN, Z. (2018). Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data. *Post-doctoral Research Station of Control Science and Engineering*, Sitio web:  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=131668240&S=R&D=a9h&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep644zdnyOLCmr1Cep65Srqi4SLWWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr0yyp65KuePfgex43zx>.

## ANEXOS

### Anexo A: Especificaciones técnicas del computador portátil utilizado

MacBook Pro (13 pulgadas, mediados de 2012)

#### **Pantalla**

Pantalla panorámica brillante retroiluminada por LED de 13,3 pulgadas (en diagonal) capaz de reproducir millones de colores.

Resoluciones compatibles:  
1.280 por 800 (nativa), 1.152 por 720, 1.024 por 640 y 800 por 500 píxeles con una relación dimensional de 16:10; 1.024 por 768, 800 por 600 y 640 por 480 píxeles con una relación dimensional de 4:3; 1.024 por 768, 800 por 600 y 640 por 480 con una relación dimensional de 4:3 ampliada; 720 por 480 píxeles con una relación dimensional de 3:2; 720 por 480 píxeles con una relación dimensional de 3:2 ampliada.

#### **Procesador**

Core i5 de Intel de doble núcleo a 2,5 GHz (Turbo Boost de hasta 3,1 GHz) con 3 MB de caché de nivel 3

#### **Memoria**

##### **2,5 GHz**

4 GB de memoria DDR3 a 1.600 MHz

*Opción de configuración con 8 GB.*

#### **Capacidad<sup>1</sup>**

##### **2,5 GHz**

Disco duro de 500 GB a 5.400 rpm

*Opciones de configuración:*

Disco duro de 750 GB a 5.400 rpm

Unidad de memoria sólida de 128 GB

Unidad de memoria sólida de 256 GB

Unidad de memoria sólida de 512 GB

##### **2,9 GHz**

Disco duro de 750 GB a 5.400 rpm

*Opciones de configuración:*

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP649?locale=es\\_CO&viewlocale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP649?locale=es_CO&viewlocale=es_ES)

## ANEXO A: (continuación)

Disco duro de 1 TB a 5.400 rpm  
Unidad de memoria sólida de 128 GB  
Unidad de memoria sólida de 256 GB  
Unidad de memoria sólida de 512 GB

### **Dimensiones y peso**

Alto: 2,41 cm  
Ancho: 32,5 cm  
Fondo: 22,7 cm  
Peso: 2,06 kg<sup>2</sup>

### **Compatibilidad con gráficos y vídeo**

HD Graphics 4000 de Intel

Doble monitor y vídeo en espejo: admite simultáneamente la resolución nativa completa en la pantalla integrada y hasta 2.560 por 1.600 píxeles en un monitor externo, ambos con capacidad para millones de colores.

### **Salida de vídeo digital Thunderbolt**

Salida Mini DisplayPort nativa

Salida DVI mediante un adaptador de Mini DisplayPort a DVI (se vende por separado)

Salida VGA mediante un adaptador de Mini DisplayPort a VGA (se vende por separado)

Salida DVI de doble canal mediante un adaptador de Mini DisplayPort a DVI de doble canal (se vende por separado)

Salida de audio y vídeo HDMI mediante un adaptador de terceros de Mini DisplayPort a HDMI (se vende por separado)

### **Cámara**

Cámara FaceTime HD a 720p

### **Conexiones y ampliación**

Toma de corriente MagSafe

Puerto Gigabit Ethernet

Puerto FireWire 800 (hasta 800 Mb/s)

Dos puertos USB 3 (hasta 5 Gb/s)

Puerto Thunderbolt (hasta 10 Gb/s)

Entrada/salida de audio

Ranura para tarjetas SDXC

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP649?locale=es\\_CO&viewlocale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP649?locale=es_CO&viewlocale=es_ES)

## ANEXO A: (continuación)

### **Conexión inalámbrica**

Conexión inalámbrica Wi-Fi 802.11n;<sup>3</sup> compatible con las normas 802.11a/b/g del IEEE  
Tecnología inalámbrica Bluetooth 4.0

### **Audio**

Altavoces estéreo con refuerzo de graves  
Micrófono omnidireccional  
Puerto para auriculares  
Compatible con los auriculares con mando y micro de Apple para el iPhone  
Compatible con salida de audio (digital/analógica)

### **Teclado y trackpad**

Teclado retroiluminado de tamaño estándar con 79 teclas, entre ellas 12 de función y 4 de flecha (dispuestas en forma de T invertida), y sensor de luz ambiental.

Trackpad Multi-Touch para controlar el cursor con precisión; compatible con el desplazamiento con impulso; permite pellizcar, girar, deslizar, deslizar con tres y cuatro dedos, tocar, tocar dos veces y arrastrar.

### **Batería y alimentación<sup>4</sup>**

Hasta 7 horas de navegación web inalámbrica  
Batería integrada de polímeros de litio de 63,5 vatios/hora  
Adaptador de corriente MagSafe de 60 W con sistema de recogida de cable; toma de corriente MagSafe

### **Requisitos eléctricos y de funcionamiento**

Tensión: de 100 a 240 V de CA  
Frecuencia: de 50 a 60 Hz  
Temperatura de funcionamiento: de 10 a 35 °C  
Temperatura de almacenamiento: de -24 a 45 °C  
Humedad relativa: del 0 al 90% sin condensación  
Altitud de funcionamiento: probado hasta 3.000 m  
Altitud máxima de almacenamiento: 4.500 m

### **Software incluido**

#### **OS X Mountain Lion**

Mail, Mensajes, Contactos, Calendario, Safari, Recordatorios, Centro de Notificaciones, Notas, iCloud, Time Machine, FaceTime, Photo Booth, AirPlay

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP649?locale=es\\_CO&viewlocale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP649?locale=es_CO&viewlocale=es_ES)

## Anexo B: Especificaciones técnicas del Smart Phone utilizado

iPhone X
<b>Acabado</b> Gris espacial Plata
<b>Capacidad<sup>1</sup></b> 64 GB 256 GB
<b>Dimensiones y peso</b> Alto: 14,36 cm Ancho: 7,09 cm Grosor: 0,77 cm Peso: 174 g
<b>Pantalla</b> Pantalla Super Retina HD Pantalla OLED Multi-Touch de 5,8 pulgadas (en diagonal) Pantalla HDR Resolución de 2.436 por 1.125 píxeles a 458 p/p Contraste de 1.000.000:1 (típico) Pantalla True Tone Pantalla con gama cromática amplia (P3) 3D Touch Brillo máximo de 625 cd/m2 (típico) Cubierta oleófuga antihuellas Compatible con la presentación simultánea de múltiples idiomas y grupos de caracteres Resistencia a las salpicaduras, el agua y el polvo <sup>3</sup> Calificación IP67 según la norma IEC 60529
<b>Chip</b> Chip A11 Bionic con arquitectura de 64 bits Motor neuronal Coprocesador de movimiento M11 integrado Control de exposición Cubierta oleófuga antihuellas

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es_ES)

## ANEXO B (continuación)

### **Cámara**

Cámara dual de 12 Mpx con gran angular y teleobjetivo  
Gran angular: apertura de  $f/1,8$   
Teleobjetivo: apertura de  $f/2,4$   
Zoom óptico; zoom digital hasta x10  
Modo Retrato  
Iluminación de Retratos (beta)  
Doble estabilización óptica de imagen  
Lente de seis elementos  
Flash True Tone de cuatro LED con sincronización lenta  
Fotos panorámicas (hasta 63 Mpx)  
Cubierta de la lente de cristal de zafiro  
Sensor de iluminación posterior  
Filtro de infrarrojos híbrido  
Enfoque automático con Focus Pixels  
Enfoque por toque con Focus Pixels  
Live Photos con estabilización  
Gama cromática amplia para fotos y Live Photos  
Mapeo de tonos localizado mejorado  
Detección corporal y facial  
Control de exposición  
Reducción de ruido  
HDR automático para fotos  
Estabilización automática de imagen  
Modo ráfaga  
Temporizador  
Geotiquetado de fotos  
Captura de imagen en formato HEIF y JPEG

### **Grabación de vídeo**

Grabación de vídeo en 4K a 24, 30 o 60 f/s  
Grabación de vídeo en 1080p HD a 30 o 60 f/s  
Grabación de vídeo en 720p HD a 30 f/s  
Estabilización óptica de imagen para vídeo  
Zoom óptico; zoom digital x6  
Flash True Tone con cuatro LED  
Vídeo a cámara lenta en 1080p a 120 o 240 f/s  
Vídeo en time-lapse con estabilización  
Estabilización de vídeo con calidad de cine (1080p y 720p)

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es_ES)

## ANEXO B (continuación)

Enfoque automático continuo  
Detección corporal y facial  
Reducción de ruido  
Permite sacar fotos de 8 Mpx mientras grabas vídeo en 4K  
Reproducción con zoom  
Geotiquetado de vídeos  
Grabación de vídeo en formato HEVC y H.264

### **Cámara TrueDepth**

Cámara de 7 Mpx  
Modo Retrato  
Iluminación de Retratos (beta)  
Animoji  
Grabación de vídeo en 1080p HD  
Retina Flash  
Apertura de  $f/2,2$   
Gama cromática amplia para fotos y Live Photos  
HDR automático  
Sensor de iluminación posterior  
Detección corporal y facial  
Estabilización automática de imagen  
Modo ráfaga  
Control de exposición  
Temporizador

### **Face ID**

Reconocimiento facial mediante la cámara TrueDepth

### **Redes móviles e inalámbricas**

FDD-LTE (bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 28, 29, 30 y 66)  
TD-LTE (bandas 34, 38, 39, 40 y 41)  
TD-SCDMA 1.900 (F) y 2.000 (A)  
CDMA EV-DO Rev. A (800, 1.900 y 2.100 MHz)  
UMTS/HSPA+/DC-HSDPA (850, 900, 1.700/2.100, 1.900 y 2.100 MHz)  
GSM/EDGE (850, 900, 1.800 y 1.900 MHz)

### **Geolocalización**

GPS asistido, GLONASS, Galileo y QZSS  
Brújula digital  
Wi-Fi

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es_ES)  
ANEXO B (continuación)

Redes móviles  
Microlocalización iBeacon  
Videollamadas<sup>4</sup>  
Videollamadas FaceTime vía Wi-Fi o red móvil

### **Llamadas de voz**

Llamadas de voz con FaceTime  
Voz por LTE (VoLTE)<sup>5</sup>  
Llamadas vía Wi-Fi<sup>5</sup>

Giroscopio de tres ejes  
Acelerómetro  
Sensor de proximidad  
Sensor de luz ambiental

### **Sistema operativo**

iOS 11

### **Accesibilidad**

Las prestaciones de accesibilidad del iPhone X ayudan a las personas con discapacidad a sacarle el máximo partido. Gracias a sus funciones para usuarios con problemas de visión, audición, aprendizaje, lectoescritura y habilidades físicas y motoras, el dispositivo más personal del mundo está al alcance de todos.

### **Prestaciones incluidas:**

VoiceOver  
Zoom  
Lupa  
Teletipo Virtual  
Siri y Dictado  
Escribir a Siri  
Control por Botón  
Subtítulos Opcionales

### **Apps integradas**

Cámara  
Mensajes

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es_ES)

## ANEXO B (continuación)

Teléfono  
FaceTime  
Mail  
Música  
Wallet  
Safari  
Mapas  
Siri  
Calendario  
iTunes Store  
App Store  
Notas  
Contactos  
iBooks  
Tiempo  
Recordatorios  
Reloj  
Videos  
Bolsa  
Calculadora  
Notas de Voz  
Brújula  
Podcasts  
Watch  
Consejos  
Buscar mi iPhone  
Buscar a mis Amigos  
Ajustes

### **Auriculares**

EarPods con conector Lightning

Tarjeta SIM

Nano SIM

El iPhone X no es compatible con las tarjetas Micro SIM.

### **Requisitos ambientales**

Temperatura de funcionamiento: de 0 a 35 °C

Temperatura de almacenamiento: de -20 a 45 °C

Humedad relativa: del 5 al 95 % sin condensación

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es_ES)

## ANEXO B (continuación)

### **Reproducción de audio**

Formatos de audio compatibles: AAC-LC, HE-AAC, HE-AAC v2, AAC protegido, MP3, PCM lineal, Apple Lossless, FLAC, Dolby Digital (AC-3), Dolby Digital Plus (E-AC-3) y Audible (formatos 2, 3 y 4; Audible Enhanced Audio; AAX y AAX+)  
Límite de volumen configurable por el usuario

### **Reproducción de vídeo**

Formatos de vídeo compatibles: HEVC, H.264, MPEG-4 Part 2 y Motion JPEG  
Alto rango dinámico con contenido Dolby Vision y HDR10  
Duplicación AirPlay y salida de fotos y vídeo a través del Apple TV

### **Siri**

Envía mensajes, añade recordatorios y mucho más con tu voz  
Recibe sugerencias inteligentes en Mensajes, Mail y mucho más  
Actívalo con solo usar tu voz y decir «Oye Siri»  
Escucha e identifica canciones

### **Botones y conectores externos**

Subir/bajar volumen  
Sonido/silencio  
Botón lateral  
Altavoz estéreo integrado  
Micrófono integrado  
Conector Lightning

### **Batería y alimentación**

Hasta 2 horas más de autonomía que en el iPhone 7  
Tiempo en conversación (modo inalámbrico): Hasta 21 horas  
Navegación por Internet: Hasta 12 horas  
Reproducción de vídeo (modo inalámbrico): Hasta 13 horas  
Reproducción de audio (modo inalámbrico): Hasta 60 horas  
Carga rápida: Hasta un 50 % de carga en 30 minutos<sup>9</sup>  
Batería recargable integrada de iones de litio  
Carga inalámbrica (funciona con cargadores con certificación Qi)<sup>10</sup>  
Carga por conexión USB con un ordenador o adaptador de corriente

### **Sensores**

Face ID  
Barómetro

Fuente: Apple. Obtenido. [https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es\\_ES](https://support.apple.com/kb/SP770?locale=es_ES)

## Anexo C. Especificaciones técnicas del Dron utilizado

### SG900s Ultra HD 1080P

**Fabricante:**

ShenZhen FeiChao Technology Co. Ltd – JMT.

**Modo de operación**

Control remoto

**Tipo:**

Helicóptero

**Fotografía aérea:**

Si

**Material:**

Metal y plástico

**Accesorios**

Caja original, baterías de litio, Instrucciones de Opreación, Control remoto, Cámara, Cable USB.

**Control remoto:**

Si

**Estado de ensamblaje:**

Listo para utilizar

**Distancia remota:**

Hasta 300 metros

**Dimensiones:**

29\*29\*4 centímetros

**Fuente de poder:**

Eléctrica

**Voltage de carga:**

7.4V 1100mAh

Fuente: Distribuidor Ali-express <https://www.aliexpress.com/item/32918205141.html>

ANEXO C (continuación)

**Tiempo de carga:**

Alrededor de 180mins

**Puerto de salida:**

USB

**Motor:**

Motor eléctrico de cepillado

**Canales de control**

4 Canales

**Tiempo de vuelo:**

Alrededor de 13 minutos

**Modo de control:**

MODE2

**Marca:**

Feichao

**Cámara WiFi:**

Si, 1080 Pixeles

**Pegable:**

Si. Soportes.

**Estabilización y mantenimiento de Altitud:**

Si.

**Botón de regreso a punto de despegue**

Si

**Modo de seguimiento con GPS:**

Si

Fuente: Distribuidor Ali-express <https://www.aliexpress.com/item/32918205141.html>