

**Uso de drones como herramienta tecnológica para la detección de plagas y malezas, en los cultivos de arroz de la finca Carimata.**



Laura Ximena Duran Rojas, Sebastián Sierra Cuellar  
Octubre 2021

Universidad Antonio Nariño.  
Facultad de Ingeniería Industrial  
Programa de Ingeniería Industrial

**Uso de drones como herramienta tecnológica para la detección de plagas y malezas, en los cultivos de arroz de la finca Carimata.**

Laura Ximena Duran Rojas, Sebastián Sierra Cuellar.  
Octubre 2021

Universidad Antonio Nariño.  
Facultad de Ingeniería Industrial  
Programa de Ingeniería Industrial

**Notas del autor**

Laura Ximena Duran Rojas, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

Laura Ximena Duran Rojas, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

**Nota de Aceptación**

DIEGO FERNEY GARCIA ORJUELA

FIRMA JURADO 1

---

DANIELA SALDAÑA REQUINIVA

FIRMA JURADO 2

---

NANCY ESPERANZA SARAY MUÑOZ

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO

---

## Resumen

El objetivo de esta tesis es determinar la factibilidad del uso de un dron para la detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz en la finca Carimata. Se realizó una investigación de caso con alcance descriptivo, como primera medida se realizó un estudio del estado actual de la finca de investigación en caso de las actividades de detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz, en el cual se determinó que la finca actualmente realiza las actividades de detección de forma manual, provocando la pérdida en tiempo en inspección del cultivo, se estableció el método por el cual se fundamentan las actividades del uso de la herramienta tecnológica y las fases de trabajo y por último la realización de un análisis costo-beneficio de forma cualitativa que pudieran determinar la favorabilidad del método de detección de plagas y malezas. Se encontró que el método propuesto por la investigación del uso de la herramienta tecnológica por dron es viable para los procesos de detección e inspección de plagas y malezas, estos en teoría reducen los tiempos de detección logrando así una reacción rápida delante a los procesos de detección de plagas y malezas mejorando así la toma de decisiones frente a este tipo de procesos. Estos procesos deben ir de la mano de las técnicas de mejora continua y evaluaciones recurrentes buscando así la eficiencia y eficacia de las actividades de detección, mejorando las condiciones de los cultivos.

**Palabras Clave:** dron, detección, costo, beneficio.

## Abstract

The objective of the following thesis is to determine the feasibility of drones in the detection of plagues and weeds in rice crops at the Caritama farm. It has been made a case investigation with descriptive scope, as first step it was made an actual study state about the investigated farm in case of the activities about the detection of plagues and weed at the rice crops, In which one it was determinated that currently the farm realize the detection activities in a manual way, causing loss in time at the gross inspection. It was established the method by which it is grounded the activities about the technological tool use and work phases, and finally the realization of a benefit-cost analysis in a qualitative form that determine the most favorability method in plagues and weeds detection.

It was founded that the investigation proposal method by the technological tool (dron) is viable for plagues and weeds detection and inspection processes, those ones in theory reduce detection time achieving a quicker reaction in those detection process, improving decision making about this kind of processes. These processes must go hand in hand with continues improvement techniques and recurring evaluations looking for the efficiency and effectiveness in detection activities, improving crops conditions.

**Keywords:** drone, detection, cost, benefit.

## Tabla de contenido

Introducción.....	1
Planteamiento del Problema .....	3
Descripción del Problema.....	4
Formulación del Problema .....	5
Justificación .....	6
Objetivos.....	8
Objetivo General .....	8
Objetivos Específicos .....	8
Marco de Referencia.....	9
Antecedentes.....	9
Marco Teórico .....	16
Marco Conceptual .....	19
Marco Geográfico.....	21
Marco Legal.....	23
Diseño Metodológico .....	25
Tipo y Enfoque de Investigación.....	25
Variables de medición .....	25
Recolección y análisis de datos .....	26
Fases y Actividades metodológicas.....	26
Fase 1 .....	26
Actividades .....	27
Elaboración del instrumento .....	27

Validación del instrumento.....	27
Aplicación del instrumento.....	28
Tabulación del instrumento .....	28
Análisis del de datos .....	28
Fase 2.....	28
Actividades .....	29
Definir condiciones de vuelo .....	29
Identificación de áreas y rutas .....	29
Programación.....	29
Definir clase de dron y cámara multiespectral a utilizar .....	30
Generar instructivo del método .....	30
Fase 3.....	31
Actividades .....	31
Identificar costos de la alternativa .....	31
Definir los beneficios de la nueva alternativa .....	31
Análisis de la relación costo – beneficio .....	31
Desarrollo del Proyecto .....	32
Diagnóstico del método.....	32
Análisis de la encuesta.....	32
Diagnóstico del método .....	34
Nuevo método de detección de plagas y malezas.....	35
Definición las condiciones de vuelo .....	35
Identificación de áreas y rutas .....	43

Programación.....	45
Definición de clase de dron y cámara multiespectral a utilizar .....	46
Calificación y criterios de evaluación .....	48
Elaboración del instructivo del método .....	50
Análisis costo – beneficio de la nueva alternativa.....	50
Identificación de costos .....	50
Definición de los beneficios de la nueva alternativa. ....	53
Análisis de la relación Costo - beneficio .....	55
Conclusiones.....	60
Recomendaciones .....	62
Referencias .....	63
Anexos .....	70

## Índice de Tablas

Tabla 1 Marco legal aeronáutica civil. ....	23
Tabla 2 Tipos de variables presentes. ....	25
Tabla 3 Sociodemográfica de la encuesta. ....	32
Tabla 4 Altura de vuelo de dron. ....	37
Tabla 5 Matriz comparativa de equipos tecnológicos RPAS (drones). ....	46
Tabla 6 Costos adquisitivos e infraestructura. ....	51
Tabla 7 Costos operacionales ....	52
Tabla 8 Beneficios de la integración del uso de la herramienta tecnológica para los procesos de detección de plagas y malezas. ....	55

## Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica de la finca Carimata .....	22
Figura 2 Identificación de rutas y áreas de influencia y zonas críticas. ....	44

**Lista de Anexo**

Anexo 1 Instrumento encuesta .....	70
Anexo 2 Modelo aval .....	73
Anexo 3 Programación de operaciones de detección de plagas y malezas. ....	74
Anexo 4 Guía. instructivo de trabajo de inspección por dron. ....	75

## Introducción

Generalmente, en el último siglo, como efecto de alta demanda de insumos, de sintéticos, fertilizantes, plaguicidas, y de la implementación del monocultivo, se ha generado un alto impacto negativo sobre los diversos recursos genéticos en la diversidad de cultivos. Las plagas le generan miles de millones de dólares a los países, por pérdidas de producción agrícola, por roedores e insectos que mínimo consumen el 10% de las cosechas (Cedeño, et al., 2020).

La producción agrícola es una actividad inherente al hombre desde hace miles de años, de tal manera que este, se ha visto en la obligación de reinventar y adoptar los procesos para poder evolucionar en el tiempo. Un tercio de la población del mundo vive del proceso de producción agrícola, y las economías en vía de desarrollo como la de América Latina y del Caribe pueden representar hasta el 30 % del Producto Interno Bruto.

En Colombia, el gobierno propone una estrategia transversal para la transformación del campo y crecimiento verde con el fin de fortalecer sus competencias en el sector agrícola buscando modernizar procesos y proyectos. Por tanto, dicho sector requiere de la intervención de nuevas estrategias a como la tecnología con drones para incrementar la producción (Arley y Llano, 2016). De esta manera se podrán combatir las malezas, las plagas y la presencia de otros actores, para así alcanzar la nueva modernización del sector agrícola.

En años recientes, empresas privadas y públicas pertenecientes al sector industrial, agrícola y de las TIC han unido esfuerzos para proyectar soluciones en el marco de la Agricultura de Precisión (AP), cuyo propósito es mejorar el rendimiento de cultivos optimizar el uso de recursos, disminuir el impacto ambiental y facilitar la toma de decisiones estratégicas y económicas (Arley y Llano, 2016, p. 105).

Una de las ventajas de utilizar la tecnología con drones para el control de plagas y malezas en la automatización de la agricultura no solo como un avance tecnológico (Sepúlveda, 2020). Es decir, como la maximización de beneficios y reducción de costos como “respuesta a la actual situación de crecimiento poblacional y desigualdad en cuanto a los usos de la tierra, además del cambio climático, los cuales generan fuertes impactos y presiones en el sector agrícola” (Sepúlveda, 2020, p. 2).

El uso de este dispositivo electrónico, también presenta algunas desventajas que aun en la normatividad y regulación nacional, no han sido definidas, además solo se cuenta con la circular 002 de 2015 expedida por la Aeronáutica Civil (González, 2017).

El objetivo a seguir en este trabajo es determinar la factibilidad del uso de un dron para la detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz en la finca Carimata. La hipótesis de investigación será, las ventajas del uso de los drones en el control de plagas y malezas, vía costo beneficio.

Este trabajo esta soportado en la descripción en interpretación de sus variables y de sus objetivos en cinco capítulos a saber: marco introductorio, marco de referencia, metodología, análisis en interpretación datos y conclusiones.

## Planteamiento del Problema

En la finca Carimata cuenta con un método para la detección de plagas y malezas el cual gracias a lo dicho por los trabajadores del lugar cuentan que este es tardío al momento de realizarse dado a la gran extensión de tierras con las que cuenta la finca.

El clima puede representar un inconveniente en la zona dado a que el terreno del cultivo está muy inundado no se puede hacer el recorrido como es debido, esto genera costos innecesarios, al momento de la compra y aplicación de productos como algunos pesticidas y fungicidas por la aplicación en todo el lote y no en las áreas afectas.

Otro de los problemas detectados en los cultivos en la presencia de plagas y malezas, la presencia del fenómeno del niño y de la niña, todos ellos han afectado drásticamente la productividad agrícola en nuestro país (Acosta y Mendoza, 2017); lo cual la finca Carimata cuenta con un déficit en la producción en los cultivos de arroz debido a que es un control rustico y poco eficaz.

En la actualidad, el problema del control de malezas en los países en desarrollo no ha recibido la atención que merece. Las razones son que entre los agricultores y funcionarios del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Desarrollo Rural no comprenden suficientemente los daños y pérdidas causados por las malezas debido al débil o inexistente flujo de información desde los niveles técnicos inferiores a los niveles superiores de gobierno, entre ellos también se encuentra la insuficiente atención prestada a las malezas por parte de la Agencia Nacional de Protección Vegetal y el deficiente o inexistente lazo entre los programas de investigación de malezas y los servicios de extensión agrícola significa que hay una falta de transferencia de tecnología en esta área (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO), 2021, ps. 4-5).

Ante la situación planteada anteriormente se propone el uso de los drones en la detección de plagas y malezas, ante esto se debe tener en cuenta la implementación tecnológica que ha tenido mundo dado avances en la tecnología desde hace más de una década determina por varios niveles, la globalización de la tecnología que son de gran ayuda para el crecimiento de las organizaciones agrícolas y para el desarrollo de los trabajadores.

Todo lo que se ha llevado ha conducido a desarrollar vehículos no tripulados o drones que permiten desarrollar un sinnúmero de aplicaciones, lo que en consecuencia ha generado un vacío jurídico en el país en razón a que aún no se han determinado los lineamientos necesarios para regular el control de estos (Gonzalez, 2017). Lo que indica que el uso de drones, por su gran avance tecnológico.

Dentro de la ventaja que presenta los drones, es el gran desarrollo para la economía, sin embargo, presenta algunas desventajas como la regulación legal de estos aparatos en nuestro país, no han sido definidas “solo se cuenta con la circular 002 de 2015 expedida por la Aeronáutica Civil. Actualmente en el país solo se permite el uso de Vehículos aéreos no tripulados menores a 25 kg para el uso civil” (González, 2017, p. 18).

### ***Descripción del Problema***

El problema detectado en la finca Carimata es la forma artesanal en la detección de plagas y malezas lo cual ha traído como resultado el incremento de éstas por falta de tecnologías en razón a la escasa asesoría tecnológica y los medios económicos necesarios para erradicar este flagelo. Todas estas causas hacen que se demore la toma de decisiones, lo cual la finca Carimata cuenta con un déficit en la producción en los cultivos de arroz debido al control poco eficaz de las plagas y malezas que disminuyen la producción total al momento de obtener los resultados económicos.

En la finca Carimata, se ha implementado un manejo del control de plagas y malezas en los cultivos de arroz, este control se ha venido realizando por parte de los operarios presentes, los cuales cuentan solo con el conocimiento que han obtenido con el pasar del tiempo al desempeñarse en esta labor; esta labor se realiza desplazándose entre la siembra mirando las tonalidades de las plantas, lo que hace que en ocasiones no se identifique rápidamente la plaga o maleza que está afectando al cultivo. Por tanto, se hace indispensable que se cree un control para detección temprana de plagas y malezas. Implantando la agricultura de precisión “la agricultura de precisión permite, a través de algunas herramientas, dar a cada zona del campo cultivado el tratamiento más apropiado para mejorar su rendimiento, tanto desde el punto de vista económico-productivo como ambiental” (Castaño, 2006, p.1).

Se propone que, por medio del uso de una herramienta de la agricultura de precisión, que es un método que está tomando auge en muchos lugares del planeta, por la facilidad que permite la obtención de datos para darle un mejor control de las actividades realizadas de dichos cultivos; con la utilización de un dron con características especiales para el cumplimiento de la labor, viéndose como una nueva oportunidad en la finca Carimata, para implementar este tipo de tecnologías, se plantea un estudio de inversión para ver si la finca cuenta con el nivel adquisitivo para implementar esta nueva herramienta en mejorar de sus procesos y en la detección de plagas y malezas.

### **Formulación del Problema**

¿Es factible el uso de drones para la detección de plagas y malezas en un cultivo de arroz en la finca Carimata?

## Justificación

El arroz como cereal es el segundo más cultivado en el mundo. Así mismo, es de ayuda económica y de importancia social, esta demanda un consumo de agua entre 12000 a 15000 m<sup>3</sup>/ha.

La teledetección en las últimas décadas, es siempre una herramienta de gran ayuda para el monitoreo continuo y a largo plazo (Quille, et al., 2019). Lo que indica que la reflectancia de un dron en las longitudes de onda visibles / infrarrojas cercanas logra proporcionar información exacta sobre el crecimiento de la maleza y las plagas en los cultivos de este cereal.

Este cereal puede verse afectado por distintos agentes, como la maleza y las plagas, sin embargo, se han desarrollado formas tecnológicas, de contrarrestar este fenómeno a través del tiempo mediante para hacer control biológico.

El objetivo de este estudio, es la detección de plagas en la planta de arroz a través del uso del dron el cual ayudará no solo a tecnificar el proceso realizado sino también a mejorarlo, que sea capaz de actuar mediante el riego de fertilizantes al área, para poder determinar las zonas afectadas, la información recolectada en este control de precisión sería ingresado para ser analizada por el software (Barraza, et al., 2019).

El motivo de la presente investigación es busca darle una posible solución, a muchos de los problemas que hoy en día existe en la finca Carimata, entre estos el costo del proceso de detección de plagas y malezas; es una de las actividades más importantes, en el proceso de cultivo del arroz y del cual depende la producción del mismo, ya que en la finca Carimata, cuenta un método de detección poco moderno y por ende poco eficaz y eficiente, que provoca incrementos en los costos de producción, ya que para la detección de estas plagas y malezas se incurren en costos de fumigación demasiado altos debido a la cantidad de veces que se deben

fumigar en una sola siembra, se tiene que para el año 2019 se invirtió un total de \$ 43'739.100 en tan solo la cantidad de cuatro veces fumigadas en el esa siembra, también se cuenta con las cifras de fumigación del año 2020 que fue de \$ 31'431.900 en tres veces que se fumigo, por lo tanto, un estudio de inversión es de vital importancia para determinar la factibilidad de la utilización de nuevas tecnologías como lo es un dron con una cámara multiespectral, ya que esta les permitirá al dueño del cultivo, poder detectar ciertas anomalías en el las coloración de las plantas de arroz, y de esa forma tomar las medidas pertinentes en las zona y no en la totalidad del cultivo.

Así se podrá disminuir costos operacionales, lo cual es el fin del nuevo sistema de detección de plagas y malezas, y de esta manera para los investigadores es una buena oportunidad para poner en práctica los diferentes conocimientos, que se han adquirido con el pasar del tiempo en toda su formación como ingenieros industriales.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar la factibilidad del uso de un dron para la detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz en la finca Carimata.

### **Objetivos Específicos**

Diagnosticar el método actual que existe en la finca Carimata para la detección de las plagas y las malezas en el cultivo de arroz.

Establecer el método de detección de plagas y malezas a través de la tecnología de un dron en los cultivos de arroz en la finca Carimata.

Realizar un análisis costo – beneficio de la nueva alternativa a implementar en la finca Carimata.

## Marco de Referencia

### Antecedentes

Las nuevas tecnologías aplicadas a la fase agrícola de la cadena productiva del arroz, en el departamento del Casanare, como objetivo principal de esta investigación era la implementación de nuevas tecnologías en la cadena productiva del arroz, haciendo una comparación entre los métodos convencionales y procesos de la tecnología moderna, lo cual para su realización utilizaron la información sobre el tema que pudieran encontrar en fuentes de datos, haciendo una búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica, sobre lo encontrado (Campos y Meza, 2018).

Fumiagro efective drones, es una tesis de la universidad Cooperativa de Colombia en la sede de Villavicencio – Colombia, a esta empresa dedicada a la fumigación mediante drones, se le planteo una propuesta de estructura de plan de negocio fondo emprender, con el objetivo de esta es hacer más rentable la empresa, esto deja como presente dos cosas muy importantes, la primera que ya se está utilizando la tecnología de drones para todo tipo de trabajos, como se observó en este trabajo, para la fumigación, toma de fotogrametría, inspecciones agrícolas de precisión, fotografía y video aéreo. El segundo presente es el planteamiento de un plan de negocios, para la inversión de una mejora. Se cree que de esta forma se puede seguir adelante con la investigación actual, para la mejora de la producción en los cultivos de arroz de la finca Carimata (Torres, et al., 2017).

La tecnificación de la labranza tanto circunstancia para conseguir la mejora campestre en la industria de grano (*Oryza sativa* L) del término de Babahoyo Facultad de ciencias agropecuarias rastreo la mejora en las condiciones económicas sociales culturales y políticas de todos los habitantes del hábitat labriego del ángulo de Babahoyo (Jácome, 2019).

Para el desarrollo de la presente investigación recolecto información bibliográfica de textos, revistas, folletos, periódicos, memorias de congresos, artículos científicos, ponencias y páginas web.

Sistema de visión para agricultura de precisión: identificación en tiempo real de cultivo y malas hierbas en campos de maíz, como Tesis Doctoral para optar al grado de Doctor, para la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Informática, 2015. Las principales contribuciones de esta investigación incluyen el diseño de un sistema de visión artificial experto que puede reconocer hileras de cultivos y malezas en campos de maíz en tiempo real, así como el sistema de control y guía del tractor y la superposición de áreas de procesamiento. Realizar un tratamiento selectivo. Adquiriendo el sistema de visión operativa en los prototipos de tractores que componen la flota del proyecto RHE (Guerrero, 2015).

Propuesta de un diseño de contabilidad de costos por procesos y su incidencia en la gestión del cultivo del arroz en Guadalupe, este trabajo es una tesis, con el fin de obtener el título de contador público, en la Universidad Nacional de Trujillo la cual está ubicada en Trujillo – Perú. El fin de este trabajo realizado era proponer un diseño de costos por procesos y la determinación en su incidencia en la gestión del cultivo de arroz en el distrito de Guadalupe, el método que utilizaron consiste en la realización de un diseño de contabilidad de costos (Castañeda Verastegui, 2012).

El cual les permitiera determinar en forma cuantitativa y cualitativa las actividades y labores agrícolas a una muestra de la población seleccionada, como resultado de dicha investigación esta una forma de justificar los procesos utilizados en un cultivo de arroz, es consistente decir que esta investigación puede ayudar a medir los costos de pérdidas por plagas y

malezas y las medidas que se toman en la finca Carimata, y poder hacer una comparación a los costos actuales, y los costos que habrían con la implementación del dron y su cámara.

*The influence of drone monitoring on crop health and harvest size.* El cual analiza los beneficios de los drones en la agricultura y sus limitaciones, a partir de operaciones con drones en granjas, donde discuten sobre las diferentes características de los drones, específicamente en como esta tecnología ayuda a los agricultores en maximizar su cosecha mediante la detección temprana de problemas y la gestión de cultivos mediante el uso de cámaras específicas para detectar plagas y escasez de agua. Donde nos concluye que hay recomendación para que los agricultores inviertan en tecnología de drones para mejorar sus resultados agrícolas (Reineck y Prinsloo, 2017).

El uso de drones como herramienta de planificación en agricultura para la detección temprana de problemas en cultivos de papa (*solanum tuberosum*), Norte de Santander. En este proyecto se presenta un análisis del estado de un cultivo de papa (*solanum tuberosum*) variedad R12, implementado el uso de drones o UAV's (aeronaves no tripuladas). La importancia de este trabajo radica en el estudio para demostrar que con la aplicación de este tipo de herramientas tecnológicas se puede lograr un mejor desarrollo en los sistemas productivos y tomar decisiones anticipadas a las situaciones que presentan un riesgo al óptimo desarrollo de los cultivos (Berrio, et al., 2015).

Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz para la Revista de Iniciación Científica de la Universidad Tecnológica de Panamá. Del que trata sobre el sistema para la observación de espectros de colores en los cultivos, la cual se realiza por medio de una cámara especial de seguimiento. Con esto se llegaron al resultado de la detección

mediante un sensor el cual reconoce y marca el patrón específico de afectación de las plantas del cultivo (Barraza, et al., 2019).

El estudio confirmó que la aplicación de drones se puede llegar a resolver los problemas en el tema de control de gastos para los agricultores, corregir las afecciones por eutrofización para la mejora de la calidad alimenticia de los productos, por medio de la utilización de la cámara multiespectral Pixy CMUCam5 se puede realizar pruebas de recopilación de información enfermedades del cultivo de arroz.

*High-accuracy detection of malaria vector larval habitats using drone-based multispectral imagery* este artículo de la revista *Plos Neglected Tropical Diseases*, el cual mediante drones con cámaras multiespectrales, cuenta como la detección de larvas en zonas húmedas, como lo puede ser los cuerpos de agua, pueden contrarrestar la malaria en la amazonia del Perú, todo mediante el procesamiento de imágenes, dejando como marca digital los habitats de estas larvas, es un estudio interesante ya tiene una eficiencia del 86,73% - 96,98%, para la detección de estas habitats, como se evidencio la detección de plagas puede ser una gran vialidad para aplicarlo en otros ámbitos como la agricultura, ya que el departamento del Meta es una zona arrocera, puede ser de gran ayuda ya que en algunos casos los agricultores de la región, se ven afectados por la no detección de plagas y malezas a tiempo, con esto se podrían hablar de una disminución de costos. la plaga que está afectando (Carrasco, et al., 2019).

*Application of drone used for rice production in central thailand*, para la Facultad de Gestión Agrícola Innovadora del Instituto de Gestión Panyapiwat, este artículo tiene como objetivo el estudio de la aplicación de drones utilizados para la producción de arroz en Central Tailandia, esta investigación se llevó a cabo mediante la recopilación de datos de agricultura que usaban drones para el cultivo de arroz (Chantharat y Maikeansarn, 2020).

Implementación de drones para incrementar la productividad en el agro colombiano, como trabajo de grado del Colegio de Estudios Superiores de Administración-CESA. El objetivo de la mencionada investigación es demostrar la viabilidad y beneficios del monitoreo y fumigación de cultivos por medio de drones, identificando la transición agrícola en el país (Garzón y Luque, 2018).

Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión, como artículo de la revista @Limentech ciencia y tecnología alimentaria, de la Universidad de Pamplona, Norte de Santander. Se trata de un proyecto que aborda la problemática de la escasez de implementación de alternativas tecnológicas de planificación y sobre costos en la atención de enfermedades que se presenta en la agricultura, y la importancia de implementar herramientas técnicas que puedan optimizar la planificación de las actividades agrícolas, para predecir daños y tomar decisiones adecuadas a la hora de afectar el desarrollo de los cultivos de papa. (Berrio, et al., 2015).

El enfoque metodológico es descriptivo y con el tipo de investigación mixta, los cuales están soportados en el carácter técnico e interdisciplinar del uso de drones como herramienta de planeación de la agricultura. Este trabajo no ayuda a evidenciar, mediante el uso de la respuesta espectral en imágenes de infrarrojo cercano (NIR) de alta resolución obtenidas por drones, los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la respuesta espectral permite identificar las características de la vegetación y los problemas en la siembra, comprobando así la viabilidad económica de esta herramienta técnica como alternativa a los pequeños y grandes agricultores para optimizar el desarrollo. sistema de producción. *Farmatron - Pest Detection and Treatment using AI based Drone*, para el *Computer Engineering Department, Assistant Professor, Computer Engineering Department, Viva Institute of Technology, Mumbai University*, el cual

expone un sistema de procesamiento de imágenes que ayuda a detectar las áreas infectadas por plagas y enfermedades en el campo mediante el uso de algoritmo de *Machine Learning/ Deep Learnig* (Aprendizaje automático / Aprendizaje profundo), donde proponen un modelo, que encontrara las áreas infectadas en el campo, detectando la enfermedad causada y donde se rociaran plaguicidas. Este modelo será un dron semiautomático con mecanismo de pulverización de pesticidas y conectividad de la nube, la cámara, la unidad de procesamiento y la aplicación de Android para una fácil y sistema eficaz, que resulta en conveniencia para los agricultores (Pawar, et al., 2020).

Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología, como trabajo de grado para la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. Se trata de un proyecto que busca explicar avances en la actualidad y el futuro del uso de los drones en la agricultura de precisión y con alta eficiencia. Según las características del caso revisado, metodológicamente establecieron interrelaciones, donde se consultan estudios académicos y material oficial de dominio público de instituciones académicas, tecnológicas y científicas (Pino V, 2019).

Este trabajo demostró la precisión de incorporar la agricultura de precisión por medio de drones, es útil ya que es una herramienta que incrementa la precisión en la toma de datos al abarcar una gran superficie en el mismo rango de tiempo, reduce los costos frente a otras técnicas convencionales.

*Deposition and biological efficacy of uav-based low-volume application in rice fields* es un artículo científico de la *International journal of precision agricultural aviation* del país de China, el cual nos habla sobre el manejo de los plaguicidas en el cultivo de arroz, mediante un UAV, en sus siglas en ingles que significa, vehículos aéreos no tripulados, con el cual se hicieron

comparaciones en la gota cuando se hacia la fumigación del campo, y como esta era de efectiva (Wang, et al., 2018).

*Drones: Innovative Technology for Use in Precision Pest Management*, publicado por *Journal of Economic Entomology* en esta investigación buscan una mayor sostenibilidad al manejo de plagas en la agricultura moderna desarrollando y promoviendo procedimientos de monitoreo de cultivos, donde buscan tecnologías de detección como lo son los drones y robots aéreos no tripulados en sistemas agrícolas, donde los datos de reflectancia del dosel adquiridos y procesados obtenidos con drones sensores podrían potencialmente transmitirse como un mapa digital para guiar un segundo tipo de drones, drones de actuación, para brindar soluciones a los puntos críticos de plagas identificados, como liberaciones de precisión de enemigos naturales y / o precisión (Lost Filho, et al., 2020).

La presente investigación es un trabajo de grado, titulado, Fijación de agroquímicos en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) a partir de imágenes multiespectrales tomadas con drones. Caso de estudio vereda Subia, Sylvania – Cundinamarca, de la Universidad de Cundinamarca, para una maestría, de Jennifer Andrea Niño Gutiérrez, la cual consta de la utilización de un dron con cámara multiespectral, con el fin de reflectividad espectral de la incidencia porcentual de los agroquímicos, mediante el procesamiento de imágenes, donde estaba la firma espectral con la ayuda de software, dando una serie de análisis, conclusiones y recomendaciones objetivas en pro de determinar el impacto ambiental.

Esto deja muy en claro que se puede utilizar este modelo, pero con la detección de plagas y malezas, gracias a la ayuda de un dron con cámara multiespectral, y procesando las imágenes, con el software, dando como firma espectral, las tres plagas y malezas que más afectan a los cultivos de arroz de la finca Carimata (Niño Gutierrez, 2019).

## Marco Teórico

Para comprender mejor la relación existente entre Los Drones y la Detección de Plagas y Malezas es necesario abordar conocimientos desde diferentes enfoques.

Los drones, Drone - Dron. Expresión genérica para referirse, indiferentemente, a cualquier aeronave no tripulada (Resolución 04201, 2018).

Un dron es una aeronave que no cuenta con tripulación humana y puede ser totalmente autónomo u operado por control remoto a cientos de miles de kilómetros (Perilla y Oyola, 2018) “¿De dónde proviene su nombre? Primero debemos de aclarar que es una palabra españolizada que proviene del inglés, se afirma que es una adaptación al español del sustantivo inglés drone” (Perilla y Oyola, 2018, p. 18). De tal manera que los drones son:

Aeronaves pilotadas remotamente (RPA, Remotely Piloted Aircraft): también denominados drones, ofrecen soluciones novedosas y económicas en el ámbito de obtención de imágenes en zonas de difícil acceso, estimación de variables agroclimáticas y monitorización remota de cultivos (Arley y Llano, 2016, p. 107).

Plaga: Las plagas son plantas, animales, insectos, microbios u otros organismos no deseados que interfieren con la actividad humana. Estos pueden morder, destruir cultivos de alimentos, dañar propiedad, o hacer nuestras vidas más difíciles. Un control de plagas eficaz requiere cierto conocimiento sobre la plaga y sus hábitos (National Pesticide Information center (NPIC), 2016, párrafo. 1).

Las plagas presentes en los cultivos son aquellos organismos que viven y compiten con el hombre por el sustento de los alimentos que este produce para si mismo. Provocando interrupción en la nutrición de la planta por el consumo de agua, sales minerales y translocación, causando pérdidas en la producción y perdidas económicas y malestar social.

Maleza (Jiménez, E. 2014).

El agricultor se enfrenta a varios problemas, uno de los cuales es la fitopatología. Para comprender los problemas que le afectan o posiblemente le afectan, establecer protocolos o modelos de seguimiento, seguimiento o control de forma directa y posible, con el objetivo de Acciones o intervenciones para prevenir, controlar y reducir los daños y la existencia de plagas o enfermedades. Las acciones preventivas sistemáticas son las más recomendadas. También se requieren datos y observaciones que demuestren el éxito o fracaso de estas acciones, de manera que permitan tomar otras medidas complementarias en el tiempo para evitar conflictos durante la cosecha (Agricultura, 2016).

Cuando control se habla las inspecciones del lote son de gran importancia ya que de esta forma se puede observar el estado de las plantas, la forma más acertada para saber si una especie insectil nociva está afectándolas. “La fluctuación poblacional de los insectos dañinos en el cultivo depende del sistema de siembra, estado y crecimiento de la planta, variedad sembrada, condiciones ambientales y zona arrocera” (Cuevas y Perez, 2018, p.26).

Para el respectivo control de las plagas lo primero que hay que tener es la identificación de la plaga o plagas a erradicar, esto como primer paso, también es necesario conocer los métodos más efectivos para acabar con él, después se evalúan las diversas estrategias para controlar y/o erradica la plaga, según el (instituto europeo de química física y biología, 2020), se debe remarcar que hay que realizar un seguimiento y control de los métodos aplicados, y que hay tres procedimientos clave en cuanto al control de plagas que son: desinfección, Desinsectación, desratización, que se le denominan las tres D.

Según ellos lo determinan de la siguiente manera; desinfección es el proceso químico o físico mediante el cual se limpia una superficie o lugar, Desinsectación hace referencia al control

y eliminación de todo tipo de insectos, Desratización tiene como objetivo la eliminación de cualquier tipo de roedor.

Existen muchos métodos para el control de la plagas uno de estos es la fumigación que según el (instituto europeo de química física y biología, 2020) uno de los métodos más efectivos para eliminar las invasiones de insectos, pájaros o microbios; y se basa en el uso de fumigantes. Los fumigantes son agentes químicos que, a temperatura y presión normal, se encuentran de forma gaseosa.

El manejo etológico "...consiste en la utilización de atrayentes químicos naturales o sintéticos (feromonas, trampas, cebos alimenticios, repelentes e inhibidores) para controlar las poblaciones de plagas que causan daño en cultivos de importancia económica" (SENESA, 2017).

El control por trampas Comúnmente se utiliza para detectar la presencia de insectos, facilitando la determinación de estas especies y obteniendo la abundancia, con el objetivo de utilizar algún tipo de control químico, mecánico o biológico que pueda eliminar la plaga. En pequeños cultivos el implemento de trampas son métodos efectivos para eliminar algunas plagas según (HYDRO ENVIRONMET, s.f.).

Las malas hierbas son plantas que causan daños económicos y sociales a los agricultores debido a diferentes condiciones. En el entorno agroecológico, las malezas son producto de una selección no específica de la propia elección del agricultor, que desde el momento en que comienza a cultivar provocará cambios en el valor de PH. Suelo y medio ambiente. La incidencia nociva de estas plantas indeseables o malas hierbas, es uno de los mayores obstáculos en la agricultura del mundo ( FAO, 2021).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) se considera maleza a todas las plantas que interfieren con la actividad humana en áreas cultivables y no cultivables (Hablemos del campo, 2017, párrafo. 1).

### **Marco Conceptual**

El marco conceptual es una compilación ordenada de conceptos esenciales para y durante el desarrollo de cualquier investigación (Coelho, 2019).

Es un conjunto de definiciones teorías, y conceptos básicos que expone al investigador cuando realiza el sustento los algunos temas que estructuran el desarrollo de la investigación (Moreno, 2017).

Aeronave: Máquina que puede sustentarse en la atmosfera por reacciones del aire que no sean reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aeronave no Tripulada: Aeronave destinada a volar sin piloto a bordo.

Aeronave Pilotada a Distancia (RPA): Es una aeronave pilotada remotamente desde una estación a distancia.

Altitud: Distancia vertical entre un punto y el nivel medio del mar.

Altura: Distancia vertical entre un punto y una referencia específica.

Aeronave pilotada a distancia (RPA), su estación o estaciones de pilotaje a distancia, los enlaces de mando y control requeridos, y cualquier otro componente adicional según lo especifique su diseño. (Guzmán, 2019, ps. 8-11)

Herbicida: Un herbicida es un producto químico o no que se utiliza para inhibir o interrumpir el desarrollo de plantas indeseadas, también conocidas como malas hierbas, en terrenos que han sido o van a ser cultivados (Agrotterra.com, 2018).

Fungicida: es un tipo particular de plaguicida que controla enfermedades fúngicas, inhibiendo o eliminando al hongo que causa la enfermedad (McGrath, 2004).

Plaguicida: Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996).

Caminadora: *Rottboellia exaltata* (Lour.) Clayton, nombre común Zacate Peludo, caminadora, pertenece a la familia Poaceae, posee características como Planta perenne y forma estolones con tallos rastreros o ascendentes, de hasta 3 m de altura. Es común en potreros, cultivos perennes (syngenta, s.f.).

Liendre puerco: *Echinochloa Colona* (L.) Link, nombre común Liendre puerco, es una planta perenne, herbácea, dicotiledónea, de 0.30 a 1.50 m de altura. Raíz gruesa, pivotante, napiforme y amarilla. Tallo grueso, erecto, estriado, no ramificado, glabro, de color verde a verde rojizo y nudos prominentes. Hojas simples (Invesa, 2021).

Barbas de indio: *Chloris virgata* Sw, nombre común cebadilla, barba de chivo, paragüitas, Hierba de vida corta. De 10 a 70 cm de alto. Generalmente comprimido, a veces doblado en los nudos, enraizando en los nudos inferiores y algunos recostados sobre el suelo con las puntas ascendentes (Conabio, s.f.).

Hoja ancha: las hojas son anchas y planas (no herbáceas ni como agujas). Las malezas de hojas anchas son las más fáciles de exterminar o extraer cuando son jóvenes y están en activo crecimiento. Algunas malezas de hojas anchas maduras tienen una capa que dificultan la penetración de los exterminadores de malezas (EcuRed contributors, 2019).

Chinche del arroz: *Oebalus insularis stal*, Los adultos son de color marrón claro o pajizo, con concavidades amarillas en el pecho, parecidas a dos medias lunas. Los machos son un poco más bajos que las hembras, con una longitud corporal promedio de 8,38 y 9,22 mm, respectivamente (Invesa, 2021).

Diatraea: etapa adulta Es una mariposa pequeña, de color amarillo pálido. El estadio larvario consta de cinco estados, con una duración total de 18 a 25 días. Su color es blanco lechoso con muchas manchas granates a lo largo del cuerpo y cabeza marrón oscuro (Cincae, s.f.).

Singamia: Según (GONZALES, et al. 1983, p60). Una polilla de 10mm. de longitud, color castaño claro, palpos prolongados hacia adelante, con tres rayas transversales en las alas de color café.

Gusanos: Los nematodos parásitos de plantas se caracterizan por tener forma alargada, redondeada y no segmentada. Además, poseen un estilete que les sirve para alimentarse, ya que con él penetran en las células del hospedante y succionan sus líquidos. Estos nematodos pueden alimentarse tanto de partes externas de las plantas como internas (García, s.f.).

### **Marco Geográfico**

El estudio del uso de drones para la detección de plagas y malezas en un cultivo de arroz en la finca Carimata. Es un proyecto que se desarrollará en el departamento del meta, específicamente en el área rural en el km 57 vía Puerto López, que comunica a la ciudad de Villavicencio por la Ruta Nacional 42, el departamento del meta se caracteriza por su variedad en la economía que se basa en la agricultura, ganadería, el petróleo comercio e industria, esta zona es conocida principalmente por su variedad en los cultivos de arroz, palma africana, plátano

y maíz. Según cifras del DANE el área sembrada de arroz mecanizado en el municipio de Puerto López en el año 2020 es de 11.051 ha.

La finca cuenta con un administrador general (jefe del personal), con una nómina de 35 personas de las cuales 3 son fijas para el proceso de siembra a cosecha.

Actualmente en la finca Carimata, está constituida por una extensión de 297 hectáreas, de las cuales 220 hectáreas están destinadas para la siembra de arroz, el cual se desarrolla en dos periodos en el año, por medio de un sistema de riego, Hay una gran cantidad de variedades de arroz que su ciclo en días oscila entre 90 y 120 días, en la finca Carimata se siembra las variedades de arroz; como lo son Fedearroz 2000, FL-Fedearroz Itagua y Generosa, las cuales cuentan con un ciclo de 120 días, y las dos últimas con un ciclo de 105 días. Se ha podido detectar problemas que afectan al productor de arroz, que pueden hacer que disminuya la producción en el momento de la cosecha, como por ejemplo las plagas y malezas que se generan en los cultivos, y aumentan costos al tratar de erradicarlas.

Figura 1

Ubicación geográfica de la finca Carimata



*Nota.* Localización geográfica de la finca Carimata (Google maps, 2021).

Como se muestra en la figura 1, está la ubicación geográfica del campamento de la finca Carimata que está situado a tres kilómetros de la carretera principal que conduce hacia el municipio de puerto López, este campamento es el centro de la finca donde se distribuyen los diferentes lotes de la siembra de arroz.

### **Marco Legal**

En Colombia hay regulaciones sobre el vuelo de aeronaves no tripuladas – UAS, la entidad encargada de velar por estas normas es La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil o Aeronáutica Civil o Aero civil, según su reglamento RAC 91, apéndice 13. Donde habla de las zonas prohibidas, vuelos, visibilidad, operaciones, espacios aéreos, control de tránsito. También menciona las categorías de los UAS y sus licencias para el uso de esos mismos, para el caso del trabajo se aplica la clase A, ya que su operación no representa un riesgo, aunque el dron no se puede elevar a más de 120 metros o retirarse de 500 metros de donde se encuentre quien lo opera, siempre debe tenerlo de vista (Resolución N° 04201, 2018).

Tabla 1

*Marco legal aeronáutica civil.*

<b>Marco Legal</b>	
Ley 12 De 1947	Por la cual se aprueba la Convención sobre Aviación Civil Internacional, firmada en Chicago el 7 de diciembre de 1944”
Ley 39 De 1988	Por medio de la cual se aprueba el "protocolo relativo a una enmienda al Convenio sobre Aviación Civil Internacional", firmado en Montreal el 10 de mayo de 1984
Ley 19 de 1992	Por medio de la cual se aprueba el Protocolo Relativo a una enmienda al Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Artículo 83 Bis), firmado en Montreal el 6 de octubre de 1980"

---

 Marco Legal
 

---

Ley 105 De 1993	Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones
<u>Ley 336 de 1996</u>	Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte”, cuyo Capítulo Segundo está referido al transporte aéreo.
Ley 105 de 1993	Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales
Ley 336 de 1996	“Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte”, cuyo Capítulo Segundo está referido al transporte aéreo
Ley 12 de 1947	Convención sobre Aviación Civil Internacional”, firmada en Chicago el 7 de diciembre de 1944
Decreto-Ley 410 de 1971	De la Navegación, Parte Segunda, De la Aeronáutica
Decreto 260 de 2004	Por el cual se modifica la estructura de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil –AEROCIVIL
Decreto 823 de 2017	“Por el cual se modifica la estructura de la Unidad administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL)
Decreto 2058 de 1951	Por el cual se fija la jornada de trabajo de los aviadores civiles
Decreto 1078 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Decreto 1079 de 2015	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte

---

*Nota.* La legislación aeronáutica básica de Colombia

*Fuente.* Elaboración propia tomado (Gobierno de Colombia (GOV.CO), 2021)

## Diseño Metodológico

### Tipo y Enfoque de Investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, el tipo de estudio es descriptivo por lo que permite identificar cada una de las variables para poder interpretarlas, así mismo esta investigación presenta un alcance tipo de investigación exploratoria, utilizada para estudiar un problema que no está claramente definido, por lo que se lleva a cabo para comprenderlo mejor, pero sin proporcionar resultados concluyentes. Este estudio sigue los postulados de Arias (2006), Selltiz, C., Wrightsman, L.S., Cook, S.W. y Balch, G.I. (1980) y Hernández, Fernández y Baptista (2003) y que definen la investigación exploratoria como: "aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos." (Arias, 2006, p.23).

Este estudio exploratorio, siguiendo a Selltiz et al. (1980) una vez que proporciona una conclusión que permite una comprensión más precisa del tema en cuestión, se puede utilizar para guiar una formulación más precisa de la pregunta de investigación. Se aprueba la misma idea por Hernández, Fernández y Baptista (2003) cuando afirman "los estudios exploratorios nos sirven para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa" (p. 70).

### VARIABLES DE MEDICIÓN

En el proyecto se designaron variables las cuales están expuestas en la siguiente tabla.

Tabla 2

*Tipos de variables presentes.*

<b>• Variables</b>	
Independiente	• Estudio y características del dron

<b>Variables</b>	
Dependientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malezas</li> <li>• Plagas</li> <li>• Tipos de terrero para el cultivo.</li> <li>• Tamaño del cultivo.</li> <li>• Método de fumigación.</li> <li>• Tiempo de fumigación por 1 hectárea.</li> <li>• Número de personas para fumigar 1 hectárea.</li> </ul>
Intervinientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de la Mano de Obra.</li> <li>• Importancia de fumigación en cadena de producción.</li> <li>• Disposición de agricultores para obtener un mejor servicio.</li> <li>• Disposición para contratar análisis de fotografías mediante un software.</li> </ul>

Nota: elaboración propia.

### **Recolección y análisis de datos**

La técnica de recolección de datos que se utilizara para la presente investigación es la encuesta tipo pregunta cerrada, el cual es un instrumento que permite medir las variables intervinientes en la recolección de datos.

### **Fases y Actividades metodológicas**

#### **Fase 1**

La primera fase del proyecto consta en diagnosticar el método actual para la detección de plagas y malezas de la finca Carimata, con el fin de establecer si el método que se ha utilizado durante varios años es funcional o no, ya sea en términos de eficiencia como lo es el tiempo, o tiene varios inconvenientes al momento de ejecutarlo, ya sea que se esté hablando por el clima, la extensión de tierras o personal. Este método no ha contado con ningún tipo de modificación. En el proceso del cultivo de arroz es de vital importancia, el control de las plagas y malezas que afectan a este mismo, viéndose afectado la producción final. Para cumplir con la fase es necesario hacer una serie de actividades a lo largo del tiempo.

## **Actividades**

### ***Elaboración del instrumento***

Como instrumento de recolección de la información se utilizó una encuesta tipo *Likert*, el cual es un instrumento de medición y recolección de datos. En este instrumento se agruparon las cuatro secciones, luego se ajustó a las exigencias de las preguntas o afirmaciones que contiene esta escala, después se seleccionaron para esta investigación solo 22 preguntas consideradas por los autores como pertinentes para evaluar los objetivos de esta investigación.

El instrumento fue dividido en dos partes, la primera es una ficha técnica de identificación que indaga en los conceptos sociodemográficos, en la segunda parte se indagaron aspectos como: ¿cuándo?, ¿por qué?, ¿cómo? y ¿por medio de?, se realizan las actividades en el momento de detección de plagas y malezas, para hacer luego la interpretación y análisis de los datos que pertenecen a la finca Carimata ver anexo 1.

### ***Validación del instrumento***

Para validar el instrumento, se hizo a través del aval de cuatro expertos, 3 ingenieros agrónomos y un piloto de aviación agrícola, quienes lo calificaron e hicieron sus respectivos ajustes los cuales se aplicaron al instrumento.

Para validar el instrumento se utilizó un formato en Word con el nombre de prueba piloto para los drones en la detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz en la finca Carimata meta 2021.

Al instrumento se le aplicaron 5 ítems o sugerencias con sus respectivos criterios respuestas cerradas de si o no y sus respectivas observaciones.

En la parte final del modelo de aval, se solicitó al experto que diera la aprobación del instrumento, para ser aplicado. Así mismo se le solicitó al experto que se identifique con los datos básicos como nombre, profesión, grado de escolaridad y licencia.

### ***Aplicación del instrumento***

Una vez avalado el instrumento, se dirigió a la finca Carimata, para ser aplicado a los operarios que se encontraban en el campamento base, posteriormente se organizó una visita a la oficina en Villavicencio, para la aplicación del instrumento al personal administrativo. Para un total de 30 encuestados siendo la cantidad total de trabajadores que se encuentran vinculados a la finca Carimata.

### ***Tabulación del instrumento***

La recopilación y análisis de los datos recogidos en el instrumento se realizó a través de tabulaciones en una matriz del programa *Microsoft Office de Excel*, para la confiabilidad de los mismos se usó la fórmula del *software* estadístico de confiabilidad del alfa de *Cron Bach* de *Windows* por cada una de las secciones, que como consecuencia se mostró un resultado con mejor interpretación en la integración de variables.

### ***Análisis del de datos***

Se analizarán los resultados de las preguntas para poder construir el diagnóstico del método de detección de las plagas y malezas.

## **Fase 2**

La segunda fase del proyecto, consta en establecer el método por el cual se realizará la detección de plagas y malezas mediante la utilización de un dron, en esta fase se establecerán los parámetros para el uso de un dron con una cámara multiespectral incorporada, iniciando por identificar y definir las condiciones óptimas de vuelo para que este se pueda poner en marcha;

también será necesario identificar las áreas del cultivo por donde sobrevolará el dron, para así identificar las rutas pertinentes para realizar la detección de las plagas y malezas.

Para la elaboración de este método también es importante establecer por medio de qué herramienta tecnológica se procesarán las imágenes para identificar las afecciones en el cultivo de arroz, luego de identificar todos estos parámetros será necesario seleccionar y definir la clase de dron y cámara multiespectral a utilizarse, con esto se logrará generar y concretar un instructivo de uso de este método realizado.

## **Actividades**

### ***Definir condiciones de vuelo***

Para poder definir las condiciones de vuelo es necesario determinar bajo qué criterios se definirán como: ¿qué condiciones climáticas y en qué momento este podrá sobrevolar el cultivo?, debido a que las condiciones climáticas en las que se presentan las plagas y malezas pueden variar, ¿qué altura deberá sobrevolarlo?, ¿qué tipo de trayectoria debería cubrir el dron? Dado a la extensión de área del cultivo, ¿cómo se operará?, si será de modo manual (operado por un operario), o de modo automático (mediante GPS), ¿cantidad de fotos?, serán necesarias para lograr capturar todas las imágenes del cultivo y ¿Qué cantidad de vuelos será los suficiente?, para lograr recolectar la información necesaria.

### ***Identificación de áreas y rutas***

Para lograr definir las áreas y rutas, se establecerá la creación de áreas de influencia, las zonas críticas, vías de acceso, estaciones de partida, estaciones emergentes de partida, mediante la división de las hectáreas de la finca Carimata las cuales serán identificadas en la imagen del plano de esta el cual será tomado de una imagen satelital tomada de google maps.

### ***Programación***

Para esta actividad se realizará la programación de operaciones para la detección de plagas y malezas, mediante la utilización de una tabla, para hacer la distribución de tareas durante la semana de trabajo, identificando las horas puntuales de ingreso del personal, horas de revisión del equipo, horas de operación del equipo, horas de pausas, y los días los cuales no se laborará.

### ***Definir clase de dron y cámara multiespectral a utilizar***

Para lograr definir qué dron y cámara serán seleccionados para la utilización en este método se realizará una matriz de comparación donde se evaluarán los criterios de los drones y cámaras que sean aptos para usar en el método, en esta matriz se identificarán criterios como: para el dron la velocidad máxima en descenso, su velocidad máxima, su tiempo máximo de vuelo, rango de precisión de vuelo, la distancia de muestreo de los capacidad de control ritmo otro distancia de transmisión máxima duración de la batería.

Los criterios para la cámara serían: tamaño y peso del dron, campo de visión, sensores, sensor, formato de la fotografía, capacidad de vídeo máximo, detección de obstáculos y distancia de transmisión. Una vez ya establecido los criterios de evaluación, se procederá a realizar una puntuación de cero a cinco, cero siendo la puntuación más baja y cinco la puntuación más alta. Luego de realizarse la matriz de comparación y obtener las puntuaciones a cada clase de dron y cámara multiespectral se procede a seleccionar el más adecuado para el método.

### ***Generar instructivo del método***

En esta actividad se procede generar un instructivo para el uso del método en cada caso que lo sea necesario, debido a que las condiciones en las que se usarían el vuelo pueden variar, gracias a la diversidad de plagas y malezas mencionadas anteriormente y gracias a esto se podrían generar más de un instructivo de para el método.

### **Fase 3**

Como última fase para el proyecto esta realizar un análisis costo – beneficio de la nueva alternativa a implementar en la finca Carimata, el cual permite conocer todos los beneficios que trae la implementación de una herramienta de la agricultura de precisión, con esto se logra tener el información suficiente para determinar si es óptimo el uso de esta clase de tecnología, para esto es necesario tener identificados los costos de la alternativa, y definidos los beneficios de la nueva alternativa, con el fin de realizar el análisis ya mencionado anterior mente.

Con el fin de terminar la investigación y poder tener unos argumentos que lleven a la una conclusión sólida y verídica.

#### **Actividades**

##### ***Identificar costos de la alternativa***

Para la identificación de los costos, se tendrá en cuenta la información recolectada en la fase 2 y sus actividades, donde será entregada en una serie de tablas donde se encuentre los costos operacionales, el tema de infraestructura y equipos necesarios para su ejecución en los diferentes lotes de la finca.

##### ***Definir los beneficios de la nueva alternativa***

El análisis cualitativo de las ventajas de poseer la tecnología, se realizará una tabla y debajo cada una de las descripciones de los beneficios que se encuentren.

##### ***Análisis de la relación costo – beneficio***

Se verá todos los costos y se relacionará con los beneficios encontrados estos implementado un cuadro donde se describa el beneficio, el costo y el tiempo útil.

## Desarrollo del Proyecto

### Diagnóstico del método.

#### *Análisis de la encuesta*

A continuación, se muestran algunos de los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los trabajadores de la finca Carimata.

Para llevar a cabo el análisis de forma más clara se creó un archivo en Microsoft Excel, en donde se realizó la codificación de todos los datos obtenidos para posteriormente ser analizados por medio de gráficas y tablas. Se aplicaron 30 encuestas. Según los datos sociodemográficos el 100% de los encuestados fueron hombres; en la población encuestada se encontró que el 20% tiene entre 18 y 30; el 37% 31 y 40; el 40% 41 y 50; el 3% más de 50. Del total de los encuestados el 60% están solteros, el 73% se encuentran en el nivel de escolaridad de primaria, cuentan con una antigüedad de vivir en el lugar de menos de un año con un 13%, de vivir en el lugar más de un año y menos de tres con un 73%, y más de tres años un 13%.

Tabla 3

*Sociodemográfica de la encuesta.*

<b>Socio demografía</b>			
<b>Cantidad de encuestas</b>	<b>Hombres</b>		<b>Mujeres</b>
30	30		0
<b>Rango de edad</b>			
18 a 30 años	31 a 40 años	41 a 50 años	50 o más años
20%	37%	40%	3%
<b>Grado de escolaridad</b>			
<b>Primaria</b>		<b>Bachillerato</b>	
73%		27%	

<b>Socio demografía</b>	
<b>Antigüedad de establecimiento</b>	
Menos de 1 año	13%
Más de 1 año	73%
Más de 3 años	13%

*Nota.* Encuesta sociodemográfica realizada a trabajadores.

*Fuente.* (Elaboración propia, 2021).

Con base a lo que se observó gracias a la encuesta el sistema de siembra utilizado en la finca Carimata es de riego, este tipo de sistema permite un mayor ahorro de agua, y una baja inversión para su instalación por lo que es el ideal para los agricultores. Entre las variedades que se siembra, las predilectas son: Fedearroz Itagua y el Fedearroz 2000, donde se determinó que el ciclo de producción oscila entre 100 y 119 días según los encuestados.

La frecuencia con la que se realiza la supervisión del cultivo es una vez por semana, estas supervisiones son realizadas por los operarios los cuales recorren los surcos del cultivo para observar el estado de éste, en la superficie que se realiza una vez por semana no se logran percibir todas las afectaciones por las que el cultivo esté pasando por parte de las malezas y las plagas. La duración de los recorridos que realizan los operarios varía de tres a cuatro horas, algunas veces se realizan los recorridos más de una vez, dado que en el primer recorrido no se logra percibir todos los focos de concentración de las plagas y malezas.

Las malezas y plagas se detectan a través de inspección. Este es el método de aplicación más tradicional y sencillo descrito por los trabajadores, ante esta forma de detención no hay constancia de que se utilice un tipo de tecnología y por ende se ve la escasez de la tecnificación de este. Los controles de malezas y las plagas realizados en el cultivo de arroz varían de tres a cuatro veces durante todo el ciclo.

La técnica de control de la plagas y malezas se hace gracias a la fumigación con esto se trata de controlar de forma rápida, las aplicaciones de los diferentes productos se hacen vía aérea con la ayuda de una avioneta que esparce los productos en el lote, en ciertas ocasiones hay que repetir las aplicaciones con personal en terreno, con bombas manuales.

La morfología de la finca (ver Figura 1) según imágenes satelitales tomadas por el programa Google maps.

### ***Diagnóstico del método***

Como uno de los objetivos del presente trabajo es el diagnóstico del método actual que existe en la finca Carimata para la detección de las plagas y las malezas en el cultivo de arroz, se realizó una encuesta que fue aplicada a los operarios con el fin obtener información que ayude a conocer y evaluar el método, como ya se mostró anteriormente se obtuvieron unos análisis que se dividieron en cuatro secciones, el cual deja el siguiente diagnóstico por parte de los investigadores.

Se encuentra que el personal es masculino y que este tiene conocimiento de la parte técnica de la finca, saben el sistema de riego que hay en la finca, al igual de las diferentes variedades que se siembran, se identifica que la extensión que ellos dicen estar sembrando es la correcta a igual que el ciclo de producción, el método como se supervisa el cultivo es a pie, lo cual implica una gran cantidad de tiempo para recorrer todo el cultivo, el cultivo es supervisado por los operarios una vez por semana, lo cual lleva a una falla, ya que según la federación de arroceros dice que el cultivo hay que supervisarlo todos los días, con el fin de detectar todas las anomalías a tiempo y poder tomar las medidas pertinentes.

El nivel el cual está la supervisión del cultivo es alto, lo cual está ligado al control de malezas y plagas, estas actividades están catalogadas como importantes, la forma la cual hacen la

detección de las malezas son por las visitas del personal de campo y recorriéndolo, y la forma de controlarlas ha sido la misma con el pasar del tiempo y es la fumigación por algún tipo de químico, tanto para las malezas o plagas.

Se encontró que los controles de malezas no son los indicados para un cultivo de arroz, ya que la federación de arroceros (FEDEARROZ) aconseja que sean superior de cuatro controles, también se encontró que los tiempos que transcurre del momento de la detección y el control son muy altos ya que pueden pasar hasta los tres días, lo cual ocasiona que las aplicaciones no se hacen a tiempo y el agricultor se ve afectado en la producción, es evidente que ha tenido que re fumigar por diferentes factores, haciendo que se incurran en gastos innecesarios.

Esta técnica ha sido pasada en generación de generación de agricultores y hasta el día de hoy no cuenta con ningún cambio significativo, ni menos con algún tipo de ayuda que mejore este proceso, o una tecnificación.

### **Nuevo método de detección de plagas y malezas.**

En el desarrollo de la fase dos, el método de detección de plagas y control de malezas a través de la tecnología e innovación de un dron (aeronave no tripulada manejada a control remoto) tiene como condicionante de diseño los siguientes parámetros:

#### ***Definición las condiciones de vuelo***

Es necesario conocer las condiciones iniciales de vuelo de cualquier aeronave no tripulada manejada a control remoto para el funcionamiento idea del procesamiento digital requerido para la actividad de detección de plagas y malezas, se debe recordar que la velocidad del viento no es constante por lo cual se debe pilotear con el mejor cuidado posible evitando el cabeceo y la pérdida del equilibrio actual del sensor del dron, también garantizar que el sobrevuelo se realice con condiciones climáticas actas como la cantidad de radiación solar

emitida en la zona de ubicación de la finca y de los sectores de inspección, días con bajo pronóstico de lluvias para evitar que el equipo tenga contacto con el agua, que siguiendo recomendaciones de los fabricantes de aeronaves no tripuladas manejadas a control remoto a pesar de tener resistencia al contacto con agua, debido a que el contacto con el mismo puede hacer que los equipos presenten presentar fallas y ocasionar pérdida del equipo.

Se debe realizar un pronóstico meteorológico semanal de trabajo para el desarrollo de vuelo del equipo tecnológico, en días con pronósticos lluviosos no habrá actividad de vuelo del dron por su seguridad electrónica, por lo cual se realizarán inspecciones en sectores que se cataloguen como críticos y de fácil acceso permitiendo así la llegada al punto de partida del dron en caso tal se presenten lluvias.

Momentos de sobrevuelo: El sobrevuelo del dron se realizará de la siguiente manera, conociendo las rutas e identificación de plagas se determinarán áreas de influencia y zonas críticas para la cosecha, estas áreas tendrán mayor actividad de inspección visual y tecnológica, por un tiempo más largo para revisar a mayor detalle el cultivo, los tiempos de vuelo de un dron de tipo industrial con capacidad de procesamiento de imágenes y fotografías en calidad 4K o 1080p.

Para establecer estos tiempos se tuvo en cuenta la creación de varias estaciones de conducción en la finca Carimata, dichas estaciones reducen en forma notoria como primera medida la conducción mecánica y física del equipo de detección de plagas y segunda medida el recorrido que tiene que realizar el dron para llegar al área de influencia que tenga que inspeccionar según la programación establecida por el equipo laboral de control de plagas, también busca prevenir que el dron tenga recorridos extremadamente largos que no permitan que

regrese al punto de inicio y se pueda estrellar o accidentar con cualquier objeto que se interponga en su recorrido de vuelo.

Los sobrevuelos se realizarán con una periodicidad semanal por revisión, evaluando primero el tiempo de cosecha de cada zona de cultivo de la finca, el tamaño de la cosecha, el tamaño de la inundación del cultivo de arroz, conociendo que en algunos tiempos de la cosecha el arroz se encuentra bajo el agua, el inspector o piloto de vuelo deberá llevar el control de inspección de cada área de influencia entregando un informe detallado del registro fotográfico observable, para así facilitar no solo el control de plagas y malezas sino también el control periódico y de revisión de la cosecha, estado de la siembra, evaluar rutas de acceso para la recolección para los tiempos de cosecha.

Altura de vuelo: El equipo tecnológico utilizado para la recolección de material audiovisual del reconocimiento y control de plagas y malezas de la finca como primera medida debe tener una calidad de grabación y captura de imagen en 4k, con una tecnología de acercamiento de la imagen (zoom) capaz de realizar un enfoque demostrativo de las plagas más comunes de la finca Carimata, como la planta caminadora y el gusano de arroz que permita facilitar la toma de decisiones del equipo laboral.

La altura de vuelo del dron dependerá de los tiempos en los que se encuentre el cultivo, determinado por Fedearroz y adaptado a esta investigación de la siguiente manera:

Tabla 4

*Altura de vuelo de dron.*

<b>Fase de crecimiento</b>	<b>Etapas de desarrollo</b>	<b>Tiempo (d)</b>	<b>Altura de planta (cm/promedio)</b>	<b>Altura de vuelo (cm/promedio)</b>
Fase vegetativa (54 a 61 días)	Semilla seca	0	0	25 a 50 (vuelo de inspección de cosecha, no necesario)

Fase de crecimiento	Etapa de desarrollo	Tiempo (d)	Altura de planta (cm/promedio)	Altura de vuelo (cm/promedio)	
Fase vegetativa (54 a 61 días)	Absorción de agua	2	0	25 a 50 (vuelo de inspección de cosecha, no necesario)	
	Elongación radícula	4	1		
	Emergencia	6	2		
	Plántula	8	3		
	Aparición segunda hoja	11	5		
	Aparición cuarta hoja	14	5	12 a 20	
	Aparición quinta hoja	17	5		
	Macollamiento	20	7		
	Segundo hijo primario	27	7,5		
	Tercer hijo primario	34	8,7		
	Fase reproductiva (52 a 98 días)	Máximo Macollamiento	63	9,1	15 a 25
		Elongación del tallo	43	10,3	
		Inicio primordio floral	52		
		Primordio en crecimiento	56	11	18 a 30
		Entrenudo elongado total	63		
Desarrollo de panícula		70			
La vaina empieza a engrosar		72	11,2		
Embuchamiento marcado		74	11,3		
Panícula a punto de salir		78	11,5		
Salida de espigas		80	12		
30% de panícula emergida		83	12,1		
60% de panícula emergida		85	12,5		
Antesis completa		88			
Floración	91				
30% de anteras con antesis	93	13,5			
60% de anteras con antesis	96				

Fase de crecimiento	Etapas de desarrollo	Tiempo (d)	Altura de planta (cm/promedio)	Altura de vuelo (cm/promedio)
Fase reproductiva (52 a 98 días)	90 de espiguillas polinizadas	98	13,5	18 a 30
	Etapa lechosa	99		
	Líquido lechoso	103		
	60% grano líquido lechoso	105	14,5	
	90% grado líquido lechoso	107		
	Etapa pastosa	110		
	Grano en endurecimiento	112		
	Contenido sólido en grano	115		
	Cambio de color en el grano	116	14 a 21	
	Maduración	117		
Fase de maduración (99 a 122 o 123 días)	30% grano amarillo rojizo	119		20 a 100 (vuelos de inspección para determinar estado de la cosecha)
	60% granos maduros	121		
	Planta dura	122		
	Total, proceso	122	14 a 21	

*Nota.* La altura de vuelo, establecida por el proyecto.

*Fuente.* Fases de crecimiento según Fedearroz (Fedearroz, 2020).

El desarrollo de altura de vuelo de los drones constará de etapas de control donde se determinarán los tiempos de enfoque del dron, toma de imágenes y registro fotográfico apto, estimación de vuelos entre un área aferente de revisión, donde, en las primeras fases de crecimiento, se realizarán si así lo determina el profesional encargado del área agronómica un vuelo de inspección para revisar el cultivo en su fase vegetativa, para después realizar el enfoque en la parte crítica del cultivo que consta de los tiempos entre el nacimiento de la segunda, cuarta y quinta hoja de la planta, estos vuelos tendrán mayor concentración en programación para identificar la planta caminadora y poder tomar acciones de respuesta para controlar la plaga de forma inmediata.

Trayectoria: La trayectoria de los drones se dispondrán primero por la identificación de rutas que se establecerá en ese tópico, dependiendo de las rutas y áreas de influencia de la siembra se define que el dron a una altura establecida pueda grabar en su campo visual de grabación entre 4 a 8 ramales de siembra de arroz por paso a una altura máxima de 1 metro, buscando no perder calidad de imagen y grabación, las trayectorias serán de forma ortogonal obedeciendo a la malla de siembra establecida por los cultivadores y por el control de rutas de vías terciarias de las que disponga la finca Carimata.

Una trayectoria de malla ortogonal, la cual sus circulaciones son de forma perpendicular a 90 grados sobre un espacio, obedece a que el dron tendrá menos actividad de movimiento lateral en sus recorridos lo que disminuirá considerablemente el indicador de accidentes que pueda tener el dron en caso tal tenga contacto con un elemento que pueda obstaculizarlo como puede ser un arbusto dentro de un cultivo o alguna pieza física interpuesta por la finca, también que los cultivos comunes de arroz obedecen en una siembra recta donde el riego se realiza de forma horizontal y paralela entre los ramales o lineales del cultivo.

En el caso de recolección inmediata de información que pueda visualizar el piloto cuando realiza el vuelo, el dron dejará su trayectoria oficial de vuelo y se dispondrá a volver al punto de inicio para así evaluar de forma directa la información y tomar una pronta decisión en cuanto la acción a realizar para erradicar dicha plaga, la imagen tiene que ser de carácter verídica, donde se perciba que la plaga es visible en el material audiovisual desde cualquier punto de enfoque, disponer del equipo para las labores de control de plagas y seguir el recorrido siguiente de la programación.

Tipo de operación: El manejo de operaciones del dron dependerá exclusivamente de un equipo profesional encargado de los sobrevuelos y recorridos establecidos en las programaciones

del equipo, también se dispondrá de equipo de movilidad (automóvil o motocicleta), equipo de comunicaciones sea telefonía móvil, GPS, elementos de radiofrecuencias o *Walkie Talkie* (boqui toqui conocido coloquialmente en países hispanos hablantes).

El inicio de la actividad laboral y de recolección de datos constará de la disposición del equipo a la estación o estaciones que correspondan a las áreas de influencia a inspeccionar en la programación, evaluación del equipo tecnológico (dron) como es la carga de la batería principal del dron, las cuales deberán dejarse cargando al final de cada jornada de trabajo, baterías de reemplazo necesarias para la actividad diaria del equipo tecnológico, carga de elementos de comunicación personales y profesionales, evaluación de la ruta a tomar en el día de inspección del área de influencia, revisión de condiciones meteorológicas, estado del equipo mecánico de desplazamiento.

Al entrar en la estación se dispondrá al reconocimiento de la ubicación geográfica del dron y el área de influencia, reconociendo los tiempos de vuelo para llegar a dicha área, es pertinente que el piloto determine si es viable o no el sobre vuelo del equipo dependiendo la velocidad y periodicidad del viento en el área de influencia de la estación, el dron hará un vuelo corto menor de 30 segundo de vuelo de prueba y así teniendo el aval del piloto se llevará al área de influencia de estudio. Estando en dicha área empezará la trayectoria de la malla ortogonal que se encuentre en el cultivo de forma habitual, para así hacer el recorrido y volver a la estación donde se realizará como primer paso la limpieza del dron, el cambio de batería, la copia de seguridad de la memoria interna del dron y así seguir el recorrido que continúe en la programación.

Al finalizar la etapa de recolección de datos, el equipo profesional retornara a los espacios de procesamiento del material audiovisual, donde se almacenará toda la información

recolectada, siendo revisado por parte del profesional agrónomo, y por última instancia la toma de decisiones referente al concepto emitido por la revisión. Todas estas acciones corresponden a la articulación del trabajo manual del equipo profesional que puede estar conformado por el piloto del dron, profesional agrónomo.

Registro fotográfico: El equipo tecnológico deberá configurarse con las siguientes consideraciones para la recolección del material fotográfico.

Los materiales audiovisuales entregados son fotografías con calidad entre 720p y 1080p, zoom no retardado con capacidad mínima de distorsión, a una resolución de 300p, debido a la adaptación del procesador de trabajo a utilizar y a la calidad de adquisición de datos, estos Tipos de las fotos tienen mejor calidad de impresión, gracias a los tonos que nos permiten reconocer malas hierbas o plagas.

El tipo de imagen debe permitir a los usuarios o colaboradores que tengan acceso a la información una fácil lectura, manejo de interpretación en el zoom y buena calidad de captación de iluminación para reconocer y detallar entre las diferentes tonalidades del medio ambiente. El formato de fotografía debe ser en los convencionales de uso de un computador personal de cualquier marca del mercado.

En cuanto al vídeo, la calidad debe hacerse en formatos 4K, este tipo de calidad de grabación permite la captura de datos para así realizar ampliaciones de imagen y así tener más detalle de las tomas realizadas, con capacidad máxima de 1 minuto por secuencia, permitiendo que la lectura del vídeo sea de fácil lectura, detallando partes clave de la malla ortogonal de la trayectoria del dron y partes clave del cultivo en cualquiera de las fases (vegetativa, reproductiva, maduración) del cultivo.

El formato de vídeo debe ser en los convencionales de fácil lectura en cualquier computador personal de cualquier marca del mercado. Los vídeos deberán realizarse entre la jornada laboral de 06:00am a 06:00pm, siempre y cuando se solicite una sesión extraordinaria donde el dron deba sobrevolar un área de influencia afectada, se deberá solicitar al equipo técnico y profesional la disponibilidad y los medios que sean necesarios para dicha operación.

Vuelo: En cuanto a condiciones de vuelo general, la aeronave o dron deberá integrar un vuelo coordinado con niveles de estabilidad según las mallas ortogonales de los cultivos, bajo los estándares de la altura, con posibilidad de maniobra permitida en estado de evasión delante posible fauna que pueda encontrarse en su recorrido u obstrucción de flora como arbustos y árboles, elementos de mobiliario de los cultivos como espantapájaros, postes de alumbrado público y electricidad rural, entre otros. No se debe permitir que el dron sobrepase las horas por día de su labor, las cuales estarán entre 8 vuelos de 30 minutos máximos en tiempo con jornadas de descanso de 10 minutos, con el debido cambio de la batería y limpieza del equipo tecnológico.

Se harán sobrevuelos a alturas de 15 metros de altura donde se pueda percibir y reconocer amenazas que puedan incurrir en algún problema que genere un accidente o incidente que pueda ocasionar un incendio, precaución con el equipo tecnológico entre otras, también para hacer estudio de la topografía, morfología y crecimiento.

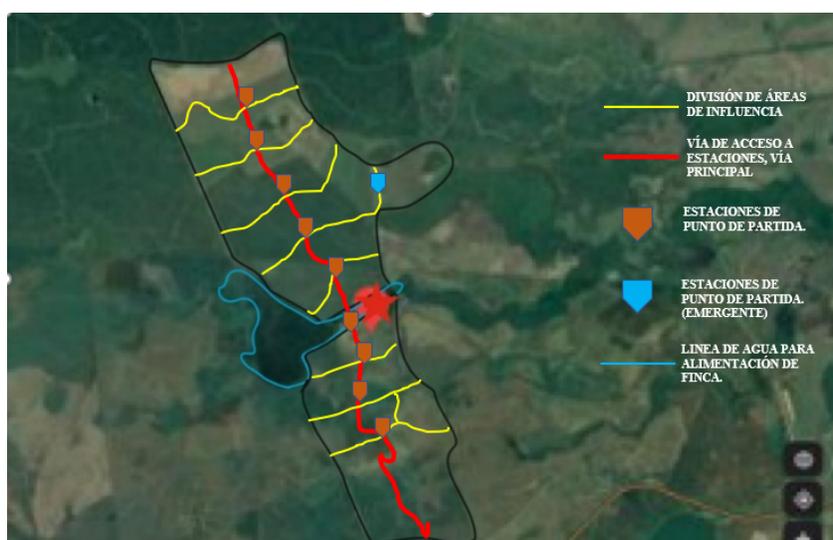
### ***Identificación de áreas y rutas***

Según el proceso de definiciones de condiciones de vuelo, se estableció la creación de áreas de influencia y zonas críticas para el manejo y control de plagas y malezas al igual que facilitar la operación logística de la finca Carimata, de los cuales se establecieron las siguientes zonas:

Creación de veintidós áreas de trabajo equivalentes en 11 hectáreas o 110000m<sup>2</sup>, una vía terciaria de conducción de equipo mecánico y con un recorrido total de la finca la cual se encuentra construida, cada área de influencia se determina por medio de los procesos agrícolas convencionales de la cosecha actual de arroz, donde 12 de las 22 áreas de influencia entran en primer estado cultivo o fase vegetativa, mientras las otras 10 áreas se encuentra en proceso de limpieza y preparación del subsuelo para permitir la fertilización de los suelos de producción de la finca, dependiendo esto se dispone de la creación de 10 estaciones de puntos de partida de los drones (ver figura 2), donde 9 de las 10 estaciones son de uso continuo o punto de llegada para la operación del dron que requiere puntos eléctricos para carga del equipo tecnológico, iluminación, mobiliario de paso como sillas, al igual que una conexión de agua potable, y 1 de las 10 estaciones se encuentra como de uso emergente donde se encuentra el área de influencia más lejana establecida así por la morfología del lote de la finca al igual que determinada como zona crítica por la difícil conectividad en cuanto a vías.

Figura 2

Identificación de rutas y áreas de influencia y zonas críticas.



Fuente. (Elaboración propia, 2021).

Las estaciones se encuentran ubicadas estratégicamente permitiendo que el dron pueda realizar uno o dos sobrevuelos por área de influencia o área crítica con su respectivo regreso y reserva de energía estipulada por el equipo tecnológico, también facilitar el recorrido en cuanto a contingencias y manejo de riesgos por posibles eventos físicos, esto reconociendo que 220 hectáreas de la finca son utilizadas para el cultivo de arroz en todas sus etapas.

### ***Programación***

A continuación, en el anexo 2 se observa la programación de operaciones de detección de plagas y malezas que se compone de una jornada laboral que inicia matutinemente a las 06:00 de la mañana y finaliza a las 06:00 de la tarde y se compone de las siguientes condicionantes:

Periodo de inspección y grabación de material audiovisual dependiendo las estaciones que se tengan programadas entre los días lunes a miércoles, dicho proceso constará del ingreso del personal y revisión de todos los equipos necesarios para la actividad de inspección, movilidad hacia la estación requerida por la programación, alineamiento de equipo tecnológico e instalación en la estación de trabajo finalizado el proceso de cada vuelo se revisará el material audiovisual requerido de forma remota intentando identificar problemas visibles en las grabaciones o fotografías para así hacer el cambio de la batería y continuar con el proceso de grabación.

Tiempo de carga de baterías y descanso del equipo, en las estaciones se encontrarán las instalaciones eléctricas necesarias para la carga de equipo tecnológico como dron, baterías, teléfonos celulares, equipos de radio frecuencia y todo lo necesario para la actividad que siga según programación.

### ***Definición de clase de dron y cámara multispectral a utilizar***

Conociendo las determinantes establecidas en las condiciones de vuelo e identificación de áreas y rutas, se debe estudiar la integración del equipo tecnológico más estructurado para realizar las acciones necesarias para las detecciones que se deberán realizar, al igual que la calidad de la cámara que tendrá dicho dron, la cual se encuentra integrada al equipo tecnológico.

Para establecer qué dron será seleccionados para la utilización en este método se realizó una matriz de comparación dónde se evaluó los criterios de los drones y cámaras que sean aptos para usar en el método, los criterios para la cámara serían: tamaño y peso del dron, campo de visión, sensores, sensor, formato de la fotografía, capacidad de vídeo máximo, detección de obstáculos y distancia de transmisión.

Tabla 5

Matriz comparativa de equipos tecnológicos RPAS (drones).

<b>Matriz comparativa de equipos tecnológicos RPAS</b>	<b>DJI Mini 2 \$1.449.000</b>	<b>DJI Air 2S \$5.829.000</b>	<b>DJI Mavic Air 2 \$5.749.000</b>	<b>DJI Mavic 2 Pro \$6.550.000</b>	<b>DJI Phantom 3 Standard \$5.432.900</b>	<b>DJI Phantom 3 Profesional \$6.880.551</b>
<b>Tamaño</b>	138x81x58mm	180x97x77mm	180x97x74mm	214x91x84 mm	480x480x200 mm	480x480x200 mm
<b>Peso</b>	249 g	595 g	570 g	907 g	1216 g	1280 g
<b>Batería</b>	31 minutos/sin reserva	31 minutos/sin reserva	34 minutos/sin reserva	31 minutos/sin reserva	25 minutos/sin reserva	23 minutos/sin reserva
<b>Sensor fotográfico</b>	1/2.3" CMOS de 12 MP	1" CMOS de 20 MP	1/2" CMOS de 12 MP	1" CMOS de 20 MP	1/2.3" CMOS de 12 MP	1/2.3" CMOS de 12 MP
<b>Vídeo máximo</b>	4k 30fps - 2.7k 60fps - FHD 60fps	5.4k 30fps - 4k UHD 60fps - 2,7k 60fps - FHD 120 fps	4k UHD 60fps - 2.7k 60fps - FHD 240fps	4k 30fps - 2.7k 60fps - FHD 120fps	2,7k 60fps - FHD 60fps - HD 60fps	UHD 120fps - FHD 120fps - HD 240fps

<b>Matriz comparativa de equipos tecnológicos RPAS</b>	<b>DJI Mini 2 \$1.449.000</b>	<b>DJI Air 2S \$5.829.000</b>	<b>DJI Mavic Air 2 \$5.749.000</b>	<b>DJI Mavic 2 Pro \$6.550.000</b>	<b>DJI Phantom 3 Standard \$5.432.900</b>	<b>DJI Phantom 3 Profesional \$6.880.551</b>
<b>Velocidad angular máxima</b>	Inclinación 270°/S Giro horizontal 150°/s	Inclinación 300°/S Giro horizontal 150°/s	Inclinación 300°/S Giro horizontal 150°/s	Inclinación 300°/S Giro horizontal 150°/s	Inclinación 300°/S Giro horizontal 150°/s	Inclinación 300°/S Giro horizontal 150°/s
<b>Detección de obstáculos</b>	Inferior	Delantero, trasero, superior, inferior	Frontal, trasero e inferior	Omnidireccional	Frontal, trasero e inferior	Delantero, trasero, superior, inferior
<b>Distancia de transmisión</b>	6 a 10km	8 a 12km	6 a 10km	6 a 10km	8 a 12km	8 a 12km
<b>Tipo de cámara.</b>	Grabación focalizada	Multiespectral	Grabación focalizada	Multiespectral	Grabación focalizada	Multiespectral
<b>Temperatura</b>	10°c a 40° C	10°c a 40° C	10°c a 40° C	-10°c a 40° C Especial para agricultura, auto calibrado usando el sensor de sol, cámara RGB 20 MP, independencia del avión no tripulado, protocolo PTP.	0°c a 40° C	0°c a 40° C
<b>Características de cámara</b>	Conveniente para agricultura, Auto calibrado y ajuste de enfoque, manejo de comunicaciones de RPAS, alimentación por USB.	Conveniente para agricultura, Auto calibrado y ajuste de enfoque, manejo de comunicaciones de RPAS, alimentación por USB.	Conveniente para agricultura, Auto calibrado y ajuste de enfoque, manejo de comunicaciones de RPAS, alimentación por USB.	Especial para agricultura, auto calibrado usando el sensor de sol, cámara RGB 20 MP, independencia del avión no tripulado, protocolo PTP.	Conveniente para agricultura, Auto calibrado y ajuste de enfoque, manejo de comunicaciones de RPAS, alimentación por USB.	Especial para agricultura, auto calibrado usando el sensor de sol, cámara RGB 20 MP, independencia del avión no tripulado, protocolo PTP.

*Fuente. (Tomado de Official Page DJI drone).*

En los fabricantes de equipo tecnológico de RPAS o aeronaves no tripuladas a control remoto se encuentra DJI como uno de los líderes en fabricación de drones, al igual que todo el equipo de grabación y fotografía. Entre los cuales se encuentran los seis equipos en la matriz

comparativa como los equipos más próximos en actividades sociales y comerciales, como actividades industriales, vigilancia y seguridad e inspección de cualquier índole.

### ***Calificación y criterios de evaluación***

En función de escoger el equipo tecnológico que mejor se acople a los procesos de detección de plagas y malezas se establecieron los siguientes criterios de evaluación:

(1.5 puntos) Tiempos de carga y vuelo, donde se necesita que el tiempo de carga del dron este dentro de los tiempos estipulados por la planificación del proyecto.

(1 punto) Distancia de transmisión, donde se necesita que los drones puedan recorrer en el tiempo de carga establecido en las áreas de influencia establecidas, también que tengan la capacidad de transmitir sin problema la imagen de una calidad correcta en el mando.

(1.5 puntos) Vídeo y fotografía, donde se necesita que la calidad del vídeo y fotografía este dentro de los parámetros establecidos para reconocer las plagas y malezas del cultivo, que tengan la capacidad de zoom (acercamiento), para el estudio exhaustivo del equipo de trabajo, fotografías en 1080p 30 a 60 fps y vídeos en 1080p y 4k.

(1 punto) Detección de obstáculos requiere que el dron tenga la capacidad de moverse en cualquier eje para evitar colisiones con obstáculos que pueden aparecer sobre las personas o aparecer repetidamente.

A continuación, se encuentra la calificación que se obtuvo por medio de la matriz comparativa:

DJI Mini 2: 3.5 de 5 puntos posibles, debido a que tiene un diseño que pudo verse afectado por las inclemencias climáticas en cuanto a la velocidad de los vientos y fuertes lluvias. Tiene una calidad de grabación sobresaliente que puede generar contenido fotográfico apto para el trabajo.

DJI Air 2s: 3.8 de 5 puntos posibles, puede soportar grandes jornadas laborales y tiene la calidad de grabación sobresaliente, con una batería apta para el trabajo de inspección requerido, sin embargo, debido a su pequeño diseño puede verse afectado por la velocidad de los vientos y las fuertes lluvias.

DJI Mavic Air 2: 4.1 de 5 puntos posibles, es uno de los drones con mejores características para el trabajo de inspección y vigilancia en el tema agricultura, tiene una buena capacidad de respuesta ante los obstáculos, grabación en 4k de buena calidad, buena capacidad de memoria y resistente a jornadas laborales constantes. El diseño se encuentra preparado para las inclemencias del viento y lluvias, aunque es recomendado no permitir el ingreso de agua al equipo tecnológico.

DJI Mavic Pro 2: 4.3 de 5 puntos posibles, es el dron con mejores características para el trabajo agrícola, cuenta con un diseño capaz de soportar cualquier inclemencia o determinante bioclimática, con calidad de grabación y registro fotográfico sobresaliente, zoom 8x para tomar capturas desde puntos alejados sin perder de vista el enfoque a la planta de arroz o cualquier objeto diferente en los cultivos, cuenta con una batería estable para el trabajo de inspección y el sistema integrado de vuelo es de fácil manejo.

DJI Phantom 3 Standart: 3.5 de 5 puntos posibles, es un dron apto para labores comerciales, sin embargo, su calidad de grabación y fotografía a pesar de ser aceptado para trabajo de agricultura no cuenta con la calidad necesaria para el reconocimiento de plagas y maleza, al igual que su batería no cuenta con el tiempo máximo requerido sin la reserva para cumplir las programaciones propuestas en este trabajo.

DJI Phantom 3 Profesional: 3.9 de 5 puntos posibles, apto para labores comerciales e inspección, sin embargo, su batería no cumple con los requerimientos exigidos para el trabajo de

inspección de agricultura y cultivos, buena calidad de grabación y fotografía con un zoom 4x que permite tener aumentos en tomas fotográficas sin perder el enfoque de la imagen.

Según la matriz comparativa de equipo tecnológico para las actividades de inspección, el dron más oportuno y aceptable para este tipo de trabajos es el DJI Mavic Pro 2, cuenta con grandes atributos para el trabajo a realizar y con su diseño ergonómico permite realizar maniobras que en su momento pueden ser necesarias para evitar incidentes y accidentes, al igual que su calidad de grabación y registro fotográfico, permite realizar tomas con excelente resolución, grabaciones en 4K y 1080p a 30fps permitiendo reconocer movimiento en cuanto a la gama de colores e iluminación permitida en el lente de la cámara multiespectral y un zoom 8x para aumentar y detallar las partes del cultivo (tallos, hojas, espiga).

### ***Elaboración del instructivo del método***

La generación del instructivo del método se coordinó por medio de la planificación y estructuración de todas las partes que se involucran en el proyecto (tecnología, equipo profesional, logística), por lo cual necesario que todos los involucrados que tengan interacción con las actividades de inspección de cultivos para la detección de plagas y malezas conozca la matriz instructiva de trabajo, esta matriz permitirá simplificar los procesos laborales y logísticos del proyecto, al igual que conocer todos los procesos que se tienen que realizar en esta estructura de trabajo (Ver Tabla 4).

### **Análisis costo – beneficio de la nueva alternativa.**

#### ***Identificación de costos***

Según los datos suministrados en el objetivo anterior donde se reconocen cuáles son las variables necesarias para la integración del uso de una herramienta tecnológica para la detección de plagas y malezas, entre las que se denotaron tres tipos de costos principales para el inicio de

las actividades de detección y un costo secundario para la generación del mantenimiento programado anualmente de los equipos tecnológicos y mecánicos.

Tabla 6

Costos adquisitivos e infraestructura.

<b>Tipo de costo</b>		<b>Adquisición</b>				
<b>ítem</b>	<b>descripción</b>	<b>cantidad</b>	<b>vlr unit (miles)</b>	<b>vlr total (miles)</b>	<b>% en inversión en costo</b>	<b>vida útil (años)</b>
1	DJI Mavic Pro 2 - Cámara multiespectral L1D-20C, sensor CMOS 1"	1	\$ 6.550	\$ 6.550	41,41%	3
2	Computador personal tipo portátil procesador.	2	\$ 3.500	\$ 7.000	44,25%	3
3	Equipo de radio	1	\$ 565.690	\$ 565.690	3,58%	10
4	Baterías del dron DJI Mavic Pro 2	3	\$ 234.500	\$ 703.500	4,45%	3
5	Memorias de almacenamiento tipo Micro SD.	4	\$ 249.900	\$ 999.600	6,32%	3
<b>Total Costos de adquisición (Equipo tecnológico + Mecánico)</b>					<b>\$15.818.790</b>	<b>100%</b>
<b>Tipo de costo</b>		<b>Infraestructura</b>				
6	Construcción de diez estaciones de punto de partida de 9,00m2 de área.	10	\$ 1.200	\$ 12.000	91,25%	10
7	Mobiliario (silla y escritorio de exterior o jardín)	10	\$ 115	\$ 1.150	8,75%	10
<b>Total Costos de infraestructura</b>					<b>\$ 13.150.000</b>	<b>100%</b>
<b>Total Costos (Adquisiciones + Infraestructura)</b>					<b>\$ 28.968.790</b>	

Fuente. (Elaboración propia, 2021).

Entre los costos principales se encuentra un costo de adquisiciones el cual se describe como el costo de compra de equipos tecnológicos que permiten realizar las actividades de detección la finca, esto permiten la recolección de información, manejo de las comunicaciones y movilidad en las diferentes rutas y áreas de influencia de la finca Carimata, como se observa en la tabla 6, mostrando la descripción de los elementos, con la cantidad necesaria, el valor unitario de cada artículo, mencionado también el valor total de cada elemento junto con el total del costo a sumir, con el porcentaje de inversión que representa cada uno en sus años de vida útil. Los valores de los artículos tecnológicos se sacaron de páginas especializadas en cada uno de ellos.

También aparecen los costos de infraestructura donde se realizarán las intervenciones en construcción de diez estaciones de puntos de partida de los drones para el sobrevuelo en las áreas de influencia del proyecto, en estas estaciones se encuentran dos puntos de electricidad debidamente tecnificados para encontrarse en zonas húmedas, al igual que un punto potable de abastecimiento de agua y mobiliario necesario para el uso de un computador portátil.

Tabla 7

Costos operacionales

<b>Tipo de costo Operacionales</b>					
<b>ítem</b>	<b>descripción</b>	<b>cantidad</b>	<b>vlr unit (miles)</b>	<b>vlr total (miles)</b>	<b>% en inversión en costo</b>
1	Profesional o técnico en pilotaje de aeronaves RPAS (dron)	12	\$ 1.650	\$ 19.800	35%
2	Profesional agrónomo	12	\$ 2.500	\$ 30.000	52%
3	Gasolina (Consumo anual)	12	\$ 450.000	\$ 5.400	9%
4	Servicios de infraestructura Públicos (Consumo anual)	12	\$ 115.000	\$ 1.380	2%

<b>Tipo de costo</b>		<b>Operacionales</b>			
5	Servicios electrónicos (Gasto anual en licencias)	12	\$ 54.166,67	\$ 650.000	1%
<b>Total, Costos operacionales</b>			\$ 57.230.000		100%
<b>Tipo de costo</b>		<b>Mantenimiento</b>			
6	Mantenimiento al equipo tecnológico.	12	\$ 41.666,67	\$ 500	100%
<b>Total, Costos Mantenimiento</b>			\$ 500.000		100 %

*Nota.* Costos operacionales.

*Fuentes.* (Elaboración propia, 2021).

El tercer costo principal que se integra es el operacional, necesario para las actividades de operación, logística, manejo profesional, pilotaje, movilidad del proyecto, se integra la contratación directa o indirecta de un piloto de aeronaves RPAS o drones, un profesional capaz de detectar falencias en los procesos de detección de plagas y realizar toma de decisiones para el cuidado de los cultivos y producciones. Los valores de los costos operacionales se obtuvieron de páginas dedicadas a la contratación de personal calificado según las necesidades.

Los costos indirectos se encuentran: el abastecimiento de combustible, para el equipo mecánico tasado de forma anual, el pago de servicios públicos, al igual que el pago de la licencia de software para el manejo del dron tasado igualmente de forma anual y necesaria para la operación del dron.

Se tuvo en cuenta el costo generado por los mantenimientos a los equipos tecnológicos y mecánicos con una periodicidad de un año, se compone por una revisión preventiva de los equipos y las mejoras que se necesitaran hacer, este será un costo que se deberá tener para posibles eventualidades que pueden ser muy comunes al no tener los mantenimientos adecuados.

***Definición de los beneficios de la nueva alternativa.***

Los beneficios esperados de la integración de uso de una herramienta tecnológica para la detección de plagas y malezas en la finca Carimata se intentan reflejar como logros u objetivos claros sobre los procesos organizacionales de la finca, la identificación de beneficios puede considerarse como el primer paso para alcanzar las metas trazadas. Permite tener claro el horizonte organizacional y realizar la creación de indicadores que ayuden en procesos futuros a la mejora continua en los procesos y la toma de decisiones, este se convierte en un ente de cambio constante reconociendo el estado actual de los cultivos.

Para el caso de la finca Carimata, más exactamente en la utilización de drones para la detección de plagas se definió los siguientes beneficios:

Tecnificación en los procesos de detección de plagas y malezas, este beneficio le permite a la organización tener un valor agregado, la incursión de la tecnología en la agricultura siendo más exactamente en los cultivos de diferentes cereales aumenta la valorización de la finca entorno a la economía y en la mejora de los procesos, este indicador busca tener claro cuál es el impacto de la incursión tecnológica en los procesos de producción.

Reducción de tiempos en el proceso de detección, es de vital importancia ya que busca establecer si la incursión tecnológica y tecnificación del proceso permite reducir los tiempos empleados para la realización de esta labor y la cantidad de equipo operacional y logístico necesario para la detección de plagas y malezas.

Control de plagas y malezas, a pesar de no ser un objetivo de esta investigación, si se integra como uno de los resultados finales de la incursión tecnológica, este indicador permite reconocer si la detección por sobrevuelos con dron reduce de mayor manera las plagas con el reconocimiento más ágil de las mismas, permitiendo así determinar mejoras al sistema.

Creación de estadística y manejo de trazabilidad de los procesos en la finca, este proceso es primordial en el uso de la gestión documental para la toma de decisiones, reconocer los procesos de estadística y trazabilidad que le permitan al equipo de trabajo mirar datos precisos como: tiempos de mayor concentración de plagas y malezas, tiempos de vuelos sobre áreas de influencias, mayor áreas de influencia atacadas por plagas estipuladas en áreas críticas entre otros datos y así tener un base que facilite la toma de decisiones, no necesita medición más si establecer que datos estadísticos e históricos son necesarios para tener control sobre los procesos.

Calidad del cultivo, como se ha dicho el aumento de la detección de plagas permitirá que los procesos que vengan después de la detección tengan mayor eficacia y eficiencia, desplegando así rápidamente los equipos y recursos necesarios y con mayor efectividad, lo que genera al aumento de la calidad de los procesos de cultivos y cosecha.

### ***Análisis de la relación Costo - beneficio***

En los procesos de análisis de relación Costo/beneficio se busca establecer si las inversiones realizadas en los proyectos son favorables o no con tal de establecer si los gastos generados por los costos valen las inversiones, en el caso de los análisis tipo cualitativos se busca darle razón a la inversión de los costos por medio de los factores deseables del beneficio y los atributos que esté atraerá a la organización, buscando eficiencia, eficacia, efectividad y generar un valor agregado positivo.

Tabla 8

Beneficios de la integración del uso de la herramienta tecnológica para los procesos de detección de plagas y malezas.

<b>Beneficio</b>	<b>Costo</b>	<b>Tiempo de vida útil (años)</b>
Tecnificación en el proceso de detección de plagas y malezas	\$ 27.818.790	3

<b>Beneficio</b>	<b>Costo</b>	<b>Tiempo de vida útil (años)</b>
Reducción de tiempos de detección	\$ 57.230.000	1
Reducción de plagas y malezas	\$ -	1
Creación de estadística y manejo de trazabilidad de los procesos de la finca	\$ 30.000.000	1
Mayor productividad en los cultivos	\$ 103.598.790	3
Condiciones más seguras de los cultivos	\$ -	1
Calidad del cultivo	\$ 103.598.790	1

*Fuente.* (Elaboración propia, 2021).

En el caso de la integración del uso de herramientas tecnológicas en los procesos de detección de plagas y malezas el primer beneficio con respecto al costo se proyecta un factor deseable promoviendo la innovación tecnológica que entrega a todos los procesos de la organización un valor agregado el cual aumenta la valorización de la organización, también reconociendo que los costos de adquisición de los equipos tecnológicos y mecánicos no representan una inversión considerable.

La reducción de plagas y malezas con respecto a esta investigación no tiene un costo adquirido debido a que un proceso que se genera con la detección, sin embargo, hay que denotar que se ve beneficiado por el proceso de tecnificación e innovación tecnológica, debido a que la pronta detección de plagas y malezas permite reducir los tiempos en las tomas de decisiones y acciones que reducen las plagas en los tiempos que se deben tratar y así no perder áreas de cultivos considerables que puedan traer pérdidas a la organización, esto suponiendo que el equipo y los recursos para esa actividad se encuentren priorizados.

En el proceso de tecnificación e innovación empresarial, la generación de estadísticas es de suma importancia para el desarrollo a futuro de las organizaciones, es notable que tener datos históricos es necesario para tener referencias exactas sobre lo que ha pasado anteriormente en las organizaciones, permiten generar conciencia sobre las actividades que puedan estar bien o mal hechas y así mismo construir acciones de mejora continua aumentando así un cambio que se hace prioritario para la salud de cualquier organización.

En el caso de la finca Carimata, la trazabilidad en sus procesos y la generación de estadística llegarían como un beneficio importante en las actividades del profesional agrónomo que estarían asociadas a su costo operativo, como se describió en el objetivo anterior, se busca que al finalizar las jornadas de inspección de cultivos se compile toda la información necesaria para el estudio del material audiovisual que permita no solo detectar las plagas, malezas o diferentes amenazas, sino también generar informes técnicos sobre las actividades y gestión documental como datos de detección, porcentajes de aumento o disminución de plagas y malezas, historial de sobrevuelos mensuales entre otras.

Más en profundidad, de acuerdo con el contenido revelado por el tema de los beneficios de una mayor productividad, calidad de cultivo y condiciones más seguras, estos beneficios mejoran constantemente y aumentan el costo de la gestión de proyectos, los antecedentes técnicos de la detección de enfermedades, plagas y malezas El rendimiento que produce la finca es para reducir el impacto negativo de plagas y malezas.

Gracias a la tabla 8 expuesta anteriormente se obtiene las relaciones costo – beneficio:

- Las tecnificaciones de integración tecnológica con dron como herramienta de uso tecnológico debido a su periodicidad de vida útil permiten recuperar la inversión

en costos adquisitivos en el tiempo de uso estipulado por medio del aumento de la productividad, con el correcto mantenimiento.

- El equipo profesional genere el costo anteriormente descrito de manera anual, el cual puede ser reducido si se realiza capacitaciones sobre el sobrevuelo a trabajadores sobre el pilotaje del dron, disminuyendo un costo de profesional, también definiendo si la nómina total del profesional agrónomo tiene que ser un rubro netamente extraído de este presupuesto.
- Los índices de reducción no hacen parte de esta investigación, sin embargo, los procesos de reducción de plagas y malezas se verán afectadas de buena manera por la integración de drones para la detección de plagas, una rápida detección permitirá tomar medidas correctivas necesarias de erradicación de plagas lo que aumentará la reducción de plagas y malezas.
- La creación de estadística y trazabilidad de datos históricos sobre la detección de plagas y malezas es una de las actividades requeridas para el profesional agrónomo.
- La integración del uso de la herramienta tecnológica es directamente proporcional a los gastos de producción o inversión en equipo de producción, aparte de la generación del aumento de la valoración de la finca como organización agrícola.
- Las condiciones seguras en los cultivos en el trabajo manual se verán beneficiado por medio de la generación de estadística y trazabilidad por medio de la toma de decisiones y la mejora continua.

- La calidad del cultivo con respecto al costo se encuentra como un costo de mejora continua y buenas prácticas, lo cual se convierte en un costo de inversión a los procesos de calidad en detección de plagas y malezas del proyecto.

## Conclusiones

El sector de la agricultura es uno de los sectores pilares de la economía mundial a lo largo de la historia, las sociedades en su avance como comunidades autónomas capaces de subsistir en el entorno en el que se encuentran han tecnificado según los avances de las diferentes épocas las formas de agricultura, reduciendo con esto los tiempos de trabajo y aumentando las producciones para el comercio interno y externo.

Sin embargo, hoy en la actualidad, la tecnología e innovación han hecho de la agricultura un sector de la economía capaz de adaptarse a estos cambios logrando así tecnificar procesos por medio de invenciones tecnológicas como la industrialización de los diferentes procesos de producción en la cultivación, cosecha, operación logística, manejo de producto entre otros, buscando así mejorar las condiciones de los agricultores y beneficiando en tiempos a las organizaciones.

Siendo más exactos, en el área de la inspección y detección de plagas y malezas, la innovación tecnológica se ha basado desde la implementación de cámaras fijas de mapeo y cuidado interno de los cultivos en procesos de inspección hasta la vigilancia aérea por medio de aeronaves no tripuladas controladas remotamente capaces de detectar en menor tiempo las posibles plagas que puedan sufrir los cultivos, lo cual hace de esto una manera de lograr mayor eficacia y eficiencia en las producciones y aumentando las áreas de cultivos aprovechables.

Este tipo de tecnologías y tecnificaciones en el sector de la agricultura requieren como en todo sector económico, un costo operacional que es viable dentro de los diferentes análisis económicos y operativos, gracias a que la rápida detección de plagas y malezas generará que los tiempos de tratamiento de las mismas disminuya, ganando así más áreas aprovechables que normalmente en procesos manuales o anteriores a las inspecciones aéreas se perdían por la no

detección temprana de las plagas. Como todo proceso requiere de constante manejo de la mejora continua y de evaluación, donde se reconozcan las posibles mejoras continuas, manejo de la calidad y relaciones de beneficio que garanticen la calidad de la operación de este tipo de actividades, sin embargo, la agricultura y la tecnología en los tiempos actuales van de la mano buscando cada día más mejorar las condiciones internas y laborales del sector y aumentando la productividad de los cultivos.

En primera medida, la investigación busco ejecutar los objetivos trazados tuvieron un alcance académico dentro de lo establecido, en el primer objetivo una investigación sobre el estado actual de la finca Carimata en el cual se puede percibir las necesidades puntuales en el marco de la detección de plagas y malezas, los tipos de detección que realizan y las pérdidas que deja el sistema actual anualmente, lo que permite percibir que la finca actualmente necesita una intervención de tipo técnica sobre las técnicas realizadas. En un segundo objetivo la metodología técnica sobre el uso de la herramienta tecnológica de un dron por medio de la implementación de un sistema articulado de detección en el cual el dron inspecciona por medio de áreas de influencia las zonas críticas en la cual se dividió la finca y la creación de estaciones de partida en las cuales se disminuyen los tiempos de sobrevuelo del dron, logrando así una mayor eficiencia sobre la calidad del material audiovisual tomado y la regulación del equipo tecnológico.

El tercer objetivo que consta sobre la relación costo beneficio de la implementación del uso de la herramienta tecnológica, la cual permitir ver los costos operacionales, profesionales y tecnológicos requeridos por la implementación y un análisis cualitativo el cual nos describe los beneficios próximos a tener al igual que las proyecciones realizadas para conocer si la integración de este medio tiene o no una relación positiva que pueda otorgar a la finca un valor agregado, al igual que mostrar la viabilidad del proyecto por medio de un análisis de variable

## Recomendaciones

En el sector de la agricultura, la revisión, detección o inspección de áreas de cultivo por medio del uso de herramientas al igual que en cualquier uso tecnológico y tecnificado debe ser regulado de forma adecuada por los equipos que se relacionen en estas áreas, el éxito de las invenciones tecnológicas en los sectores de la economía y producción están basados en los procesos de mejora continua y las recurrentes etapas de planificación y evaluación que existen.

Siendo más exactos, en el caso del uso del dron, éste debe estar diariamente revisado e inspeccionado en su envergadura física, equipo electrónico y revisión de estado de vuelo, garantizando que no se perderán tiempos en futuros sobrevuelos y previniendo daños de mayor magnitud como la pérdida total del dron, en el caso operativo y laboral, el proceso de vigilancia aérea por medio del dron debe evaluarse periódicamente por los profesionales agrónomos que normalmente se encuentran supervisando las actividades de sobrevuelo sobre las áreas de influencias de inspección, está debe garantizar que los diferentes materiales audiovisuales generados por los drones sean de la calidad necesaria para la evaluación de la inspección, de fácil manejo del personal y de manejo organizacional, promoviendo así los comités de avance y la mejora en las tomas de decisiones.

Con el tiempo, el proceso debe ser evaluado buscando garantizar que el beneficio de este tipo de invenciones tecnológicas en el campo de la agricultura es notorio y positivo, generando así que se pueda mantener en un futuro productivo sin dejar a un lado las posibles consideraciones a los sistemas buscando aumentar la eficiencia y eficacia de la detección de plagas y malezas.

## Referencias

- Acosta, F., & Mendoza, C. (2017). Aplicaciones de los drones en la agricultura. Anuario de Investigación, 6, 351-365. Obtenido de <https://scholar.google.es/scholar?hl>
- Agricultura. (19 de septiembre de 2016). Obtenido de Revista agricultura: [http://www.revistaagricultura.com/sanidadvegetal/otros-lenosos/metodos-para-la-deteccion-y-seguimiento-de-plagas-en-cultivos-lenosos\\_8630\\_169\\_10648\\_0\\_1\\_in.html](http://www.revistaagricultura.com/sanidadvegetal/otros-lenosos/metodos-para-la-deteccion-y-seguimiento-de-plagas-en-cultivos-lenosos_8630_169_10648_0_1_in.html)
- Agrotterra.com. (01 de 02 de 2018). Agrotterra. Obtenido de Agrotterra: [agrotterra.com/blog/descubrir/herbicidas-clasificacion-y-uso/77614/](http://www.agrotterra.com/blog/descubrir/herbicidas-clasificacion-y-uso/77614/)
- Arley, Ó., & Llano, G. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 15(28), 103-124. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75047635007>
- Barraza, j., Espinoza, E., Espinos, A., & Serracin, j. (2009). Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz. Revista de iniciación Científica, 41-47. doi:<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2368>
- Berrio Meneses, V. A., Mosquera Tellez, J., & Alzate Velazquez, D. F. (2015). El uso de drones como herramienta de planificación en agricultura para la detección temprana de problemas en cultivos de papa (*solanum tuberosum*). Universidad de Pamplona, Norte de Santander- Colombia. doi:<https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2015.1647>
- Berrio Meneses, V. A., Mosquera Tellez, J., & Alzate Velazquez, D. F. (2015). Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. @Limentech ciencia y tecnología alimentaria, 13. doi:<https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2015.1647>

- Blank, L. Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica*. Ciudad de México, México: Mc GrawHill.
- Campos, E., & Mesa, G. (2018). *Las nuevas tecnologías aplicadas a la fase agrícola de la cadena productiva del arroz, en el departamento de Casanare*. Monografía. Universidad abierta y a distancia UNAD, Yopal. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21093>
- Carrasco Escobar, G., Manrique Valverde, E. j., Ruiz Cabrerros, J., Saavedra, M., Alava, F., Bickersmith, S., . . . Gamboa, D. (2019). High-accuracy detection of malaria vector larval habitats using drone-based multispectral imagery. *Plos Neglected Tropical Diseases*, 25. doi:<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1371%2Fjournal.pntd.0007105>
- Castañeda Verastegui, M. A. (2012). *Propuesta de un diseño de contabilidad de costos por procesos y su incidencia en la gestión del cultivo de arroz en Guadalupe*. Tesis de Contabilidad. Universidad Nacional de Trujillo , Trujillo-Perú. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3520>
- Cedeño, C., Mero, G., Vera, A., & Lizardo, R. (2020). Evaluación de la distribución de gotas en la pulverización de plaguicida en maíz por el método tradicional y por dron. *Revista de las Agrociencias*, 65-78. Obtenido de <https://www.google.com.co/search?sxsrf=ALeKk024YnX8VMjlQ0>
- Chantharat, M., & Maikansarn, V. (2020). Application of drone used for rice production in central thailand. *PIM 10th National and 3rd International Conference 2020*, 34. Obtenido de <https://conference.pim.ac.th/inter/wp-content/uploads/2017/09/I1-Agriculture.pdf>
- Cincae. (s.f.). Obtenido de Centro de investigación de la caña de azúcar e: <https://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/>

Cincae. (s.f.). Obtenido de Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador:

<https://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/>

Coelho, F. (01 de 01 de 2019). Significados.com. Obtenido de

<https://www.significados.com/contexto/>

Conabio. (s.f.). conabio.gob.co. Obtenido de

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/chloris-virgata/fichas/ficha.htm>

Cristancho, M., & Jhon, r. (2018). Monografía sobre la legislación de las aeronaves remotamente tripuladas en el Estado colombiano. Trabajo de grado. Universidad Nueva Granada, Bogotá.

Cuevas, A., & Perez, C. (2018). Guía para el monitoreo de insectos fitófagos. fedearroz, 26.

EcuRed contributors. (23 de julio de 2019). Malezas. Obtenido de

<https://www.ecured.cu/index.php?title=Malezas&oldid=3472377>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). Eliminación de grandes cantidades de plaguicidas en desuso en los países en desarrollo. roma: FAO. Obtenido de Fao.org: <http://www.fao.org/3/W1604S/w1604s00.htm#Contents>

García, I. (s.f.). Obtenido de canna:

[https://www.canna.es/los\\_gusanos\\_y\\_su\\_impacto\\_en\\_los\\_cultivos](https://www.canna.es/los_gusanos_y_su_impacto_en_los_cultivos)

Garzón, J. M., & Luque, F. (2018). Implementación de drones para incrementar en el aro colombiano. Trabajo de Grado-Pregrado. Colegio de Estudios Superiores de Administración- CESA, Bogotá - Colombia. Obtenido de

<http://hdl.handle.net/10726/2302>

Gobierno de Colombia (GOV.CO). (s.f.). Aeronáutica civil. Recuperado el 3 de marzo de 2021, de Unidad Administrativa Especial: <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/leyes->

GONZALES, F., ARREGOCES, P., & HERNANDEZ, L. y. (1983). Insectos ácaros plagas y su control en el cultivo del arroz en América Latina. Bogota, colombia: Federación Nacional de Arroceros.

Gonzalez, A. (2017). Propuesta de marco normativo para el uso deportivo de drones en Colombia d hasta 25kg. Proyecto de grado. Universidad Santo Tomas, Bogotá. Obtenido de s.f

González, A. (2017). Propuesta de marco normativo para el uso deportivo de drones en Colombia de hasta 25 Kg. Tesis. Uiniversidd Santo Tomás, Bogotá.

Google maps. (1 de marzo de 2021). google maps. Obtenido de google maps:

<https://www.google.com/maps/@4.083716,-73.135479,872m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Guerrero, J. (2015). Sistema de visión para agricultura de precisión: identificación en tiempo real de cultivo y mala hiervas en campos de maíz. Sistema de visión para agricultura de precisión: identificación en tiempo real de líneas de cultivo y malas hierbas en campos de maíz. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/30145/>

Guzmán, M. (2019). Monografía para optar al título de Tecnólogo en topografía. Monografía. Universidad Distrital, Bogotá, Bogotá.

Hablemos del campo. (13 de octubre de 2017). Recursos naturales. Obtenido de ¿Que es la maelza y porque es mala?: <https://www.hablemosdelcampo.com/que-es-la-maleza-y-porque-es-mala>

HYDRO ENVIRONMET. (s.f.). Obtenido de HYDRO:

[https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=191](https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=191)

instituto europeo de química física y biología. (7 de enero de 2020). Obtenido de ieqfb:

<https://ieqfb.com/control-de-plagas/>

Invesa. (21 de febrero de 2021). Obtenido de invesa: <https://www.invesa.com/product/liendre-puerco/>

Jácome, P. (2019). La tecnificación de la agricultura como condición para lograr el desarrollo rural en la producción de arroz del cantón Babahoyo.”. Trabajo de grado. Universidad técnica de Babahoyo, Babahoyo-Los Rios. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5626>

Jiménez, E. (2014). Insectos Plagas de Cultivos en Nicaragua. Managua: UNA. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2700/1/NH10J61ip.pdf>

Lost Filho, F., Heldens, W., Kong, Z., & De Lange, E. (2020). Drones: Innovative Technology for Use in Precision Pest Management. *Journal of Economic Entomology*, 1 - 25.  
doi:<https://doi.org/10.1093/jee/toz268>

McGrath. (2004). [apsnet.org](https://www.apsnet.org). Obtenido de The American Phytopathological Society (APS): <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Pages/fungicidesSpanish.aspx>

Ministerio de transporte. (2018). Resolución N° 04201 de 2018. Bogotá: Diario oficial.  
Recuperado el 3 de marzo de 2021

Ministerio del transporte. (2019). Unidad administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá: Diario oficial número 50.858 de 05 de febrero de 2019.

Moreno, E. (26 de 06 de 2017). Metodología de la Investigación, Pautas para hacer tesis. Obtenido de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2017/06/definicion-del-marco-conceptual.html>

National Pesticide de Information center (NPIC). (15 de marzo de 2016). Salud y Ambiente.

Obtenido de Control de plagas: <http://npic.orst.edu/pest/index.es.html>

Niño Gutierrez, J. A. (2019). Fijación de agroquímicos en cultivos de frijol (*phaseolus vulgaris*)

a partir de imágenes multiespectrales tomadas con drones. Colecciones Maestrías en

Ciencias Ambientales. Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá. Obtenido de

<http://hdl.handle.net/20.500.12558/2330>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.).

Recomendaciones para el manejo de malezas. Recuperado el 27 de Febrero de 2021, de

Fiat Panis: <http://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>

Pawar, M. A., Talele, T. L., Vagal, S. D., & Nagarhalli, T. (2020). Farmatron - Pest Detection

and Treatment using AI based Drone. International Journal for Research in Applied

Science and Engineering Technology, 8.

doi:<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.22214%2Fijraset.2020.5004>

Perilla, C., & Oyola, C. (2018). Proyecto de Innovación tecnológica para fincas bananeras de C.I.

Técnicas Baltim de Colombia S.A. Proyecto de grado. Universidad del Rosario, Bogotá.

Obtenido de s.f

Pino V, E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta

tecnología. Trabajo de grado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna -

Perú. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>

Quille, J., Ramos, L., Ontiveros, R., Ojeda, W., & Porras, Z. (2019). Relación de la altura de

planta del cultivo de arroz bajo estrés hídrico con índices de vegetación obtenidas de

imágenes de dron. COMEII-19043, 1-12. Obtenido de

<https://www.riego.mx/congresos/comeii2019>

Reineck, M., & Prinsloo, T. (2017). The influence of drone monitoring on crop health and harvest size. Primera Conferencia Internacional sobre Aplicaciones de Computación de Próxima Generación (NextComp) (págs. 5-10). Mauricio: Ieexplore.

doi:<https://doi.org/10.1109/NEXTCOMP.2017.8016168>

SENASA. (10 de febrero de 2017). Obtenido de senesa contigo:

<https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/huancavelica-control-etologico-contra-plaga-de-langostas/>

Sepúlveda, Y. (2020). Inteligencia artificial (IA) y sus aplicaciones en la agricultura moderna.

ResearchGate, 5-11. Obtenido de DOI:10.13140/RG.2.2.17264.89603

syngenta. (s.f.). Obtenido de control temprano de malezas:

<https://controltempranodemalezas.com/maleza/rottboellia-exaltata>

Torres, J., Amezquita, W., & Suarez, I. (2017). Fumiagro efective drones. trabajo de grado.

Universidad Cooperativa de Colombia, villavicencio.

Wang, G., Li, X., Andaloro, J., & Chen, P. (2018). Deposition and biological efficacy of uav-based low-volume application in rice fields . Revista Internacional de Aviación de

Precisión, 8.

doi:<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.33440%2Fj.ij>

paa.20200302.86

## Anexos

### Anexo 1

#### Instrumento encuesta

Universidad Antonio Nariño, UAN  
 Facultad Ingeniería Industrial  
 Laura Ximena Duran Rojas - Sebastián Sierra Cuellar  
**Uso de drones como herramienta tecnológica para la detección de plagas y malezas, en los cultivos de arroz de la finca Carimata, departamento del Meta, 2021.**  
 Encuesta

La información suministrada por el encuestado para la ejecución de este trabajo, será tratada con máxima confiabilidad y discreción por parte del autor por respeto a su privacidad, (artículo 10 de la ley 1581).  
 La investigación se encuentra en ejecución, la fecha de cierre está prevista para mayo del 2021 y tiene fines investigativos.  
 Este estudio convoca la participación voluntaria del agricultor, ingeniero agrónomo, administrador, trabajadores y otros colaboradores (ingenieros agrónomos), de la finca Carimata y se realizará en diferentes lotes del cultivo, con el objetivo general de determinar la factibilidad del uso de drones como herramienta tecnológica para la detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz.

Para validar este Proyecto, es importante diligenciar la siguiente encuesta, por favor colocar una X en la respuesta que usted estime es la adecuada.

**Sección 1. Datos Sociodemográficos.**

Género		Rango de edad		Nivel Socioeconómico		Estado civil	
Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>	18-30 años	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>	Soltero	<input checked="" type="checkbox"/>
Femenino	<input type="checkbox"/>	31-40 años	<input type="checkbox"/>	Medio	<input type="checkbox"/>	casado	<input type="checkbox"/>
		41-50 años	<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Unión Libre	<input type="checkbox"/>
		Más de 50 años	<input type="checkbox"/>			Otro	<input type="checkbox"/>
		No responde	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Nivel de escolaridad		Cargo en la empresa		Antigüedad de vivir en el lugar		Zona donde Vive	
Primaria	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario	<input checked="" type="checkbox"/>	Menos de un año	<input type="checkbox"/>	Rural	<input checked="" type="checkbox"/>
secundaria	<input type="checkbox"/>	Administrativo	<input type="checkbox"/>	Más de un año menos de tres	<input checked="" type="checkbox"/>	Urbano	<input type="checkbox"/>
Pregrado	<input type="checkbox"/>	Directivo	<input type="checkbox"/>	Más de tres años	<input type="checkbox"/>	otro	<input type="checkbox"/>
Especialización	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Sección 2. Datos que conoce de la finca Carimata.**

1. ¿Qué sistema de siembra se utiliza en la finca Carimata?	Secano	<input type="checkbox"/>
	Secano Favorecido	<input type="checkbox"/>
	Riego	<input checked="" type="checkbox"/>
2. ¿Qué variedad o variedades de arroz se siembran en la finca Carimata?	Fedearroz z 2000	<input type="checkbox"/>
	Fedearroz Itagua	<input checked="" type="checkbox"/>
	Generosa	<input type="checkbox"/>
3. ¿Cuál es la extensión de área sembrada?	1-49 Ha	<input type="checkbox"/>
	50- 100 Ha	<input type="checkbox"/>
	101- 150 Ha	<input type="checkbox"/>

	151– 200 Ha	
	201– 250 Ha	
	> 251 Ha	X
4. ¿Cuál es el tiempo del ciclo de producción?	80-99 días	
	100-119 días	X
	> 120 días	
5. ¿Cómo es el método de supervisión del cultivo?	A pie	X
	A caballo	
	En carro	
6. ¿Cuál es la frecuencia en la que supervisa el cultivo?	Todos los días	X
	Una vez por semana	
	Dos veces a la semana	
7. ¿Cuál es el nivel de importancia de supervisión el cultivo?	Alto	X
	Alto	
	Medio	
	Bajo	
8. De acuerdo al método de supervisión del cultivo ¿Cuánto demora recorriendo el cultivo?	Muy bajo	
	1-2 Horas	
	2-4 Horas	X
	4-6 Horas	
	> 6 Horas	

**Sección 3.** Respecto al control de malezas en la finca Carimata.

9. ¿Cuál es la importancia del control de las malezas?	Alto	X
	Medio	
	Bajo	
10. ¿Cuáles son las principales malezas que más afectan al cultivo?	Caminadora	X
	Barba de indio	
	Hoja ancha	
	Liendra puerco	
11. ¿Por medio de que método se detectan las malezas?	Mediante de visitas de inspecciones	
	Utilizando tecnología	
	Banco de malezas	X
	Evaluación de marco 25x25 cm	
12. ¿Cuál es la técnica para el control de malezas durante el cultivo?	Mediante fumigación	X
	Por macoqueo	
	A mano desyerbando el lote	
13. ¿Cuántos controles de malezas se hacen durante el ciclo del cultivo?	1-2 veces	
	3-4 veces	X
	5-6 veces	
	> 6 veces	
14. ¿Qué tiempo transcurre entre la detección y el control de las malezas?	1-2 día	
	3-4 días	X
	> 4 días	

15. ¿En el cultivo ha tenido que realizar fumigaciones tardías, con qué frecuencia?	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>
	Media	
	Baja	

**Sección 4.** Respecto al control de plagas en finca Carimata,

16. ¿Cuáles son las principales plagas que más afectan al cultivo?	Singamia	
	Diatraea	
	Chinche	<input checked="" type="checkbox"/>
	Gusano	
17. ¿Cuál es la importancia del control de las plagas?	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
	Medio	
	Bajo	
18. ¿Por medio de que método se detectan las plagas?	Mediante de visitas de inspecciones	<input checked="" type="checkbox"/>
	Utilizando tecnología	
	Monitoreo del daño	
	Utilización de jama	
19. ¿Cuál es la técnica para el control de plagas durante el cultivo?	Mediante fumigación	<input checked="" type="checkbox"/>
	Manejo etológico	
	Uso de trampas	
20. ¿Con que frecuencia se tratan las plagas?	1-2 veces	
	3-4 veces	
	5-6 veces	
	> 6 veces	<input checked="" type="checkbox"/>
21. ¿Qué tiempo transcurre entre la detección y el control de las plagas?	1-2 día	<input checked="" type="checkbox"/>
	3-4 días	<input checked="" type="checkbox"/>
	5-6 días	
	> 6 días	
22. ¿Ha tenido que re fumigar el lote por plagas?	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
	No	

Agradezco su participación en el diligenciamiento de este instrumento, pues ayudará a diagnosticar el método actual que existe en la finca Carimata, para la detección de las plagas y las malezas en el cultivo de arroz.

Elaboro: Laura Ximena Duran Rojas y Sebastián Sierra Cuellar, estudiantes de Ingeniería Industrial de la UAN.

## Anexo 2

## Modelo aval

La prueba piloto encuesta: Los drones en la detección de plagas y malezas en los cultivos de arroz en la finca Carimata meta 2021				
Nº	Criterio	Si	No	Observaciones
1	¿Hay coherencia textual?	X		
2	¿Tiene cohesión textual?	X		
3	¿El uso del lenguaje es el adecuado, es decir, se comprende el idioma en el cual se presenta español?	X		
4	¿Todos los términos utilizados en el documento son aplicables a la realidad colombiana	X		
5	¿La presentación del documento es la adecuada?	X		
<p><b>Concepto final.</b> Es un instrumento apto, pues permite ser aplicado para extraer la información necesaria para el cumplimiento los objetivos de la investigación propuesta "Los Drones en la Detección de Plagas y Malezas en los cultivos de Arroz en la finca Carimata Meta 2021"</p>				
<p>Concepto emitido por: <b>Carlos Eduardo Hernández Cañón</b>  ING. AGRÓNOMO</p> <p>— INVDI'S INDICES Yemas Normalizado —&gt; VEC EFICIENCIA APP DE FERTILIZANTES.</p>				

## Anexo 3

## Programación de operaciones de detección de plagas y malezas.

	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
<b>Lunes</b>	Ingreso de personal	Estación 1 (área 1 -2) 2 vuelos		Tiempo de carga de baterías y equipo	Estación 2 (área 3 -4) 2 vuelos		Almuerzo	Estación 3 (área 5-6) 2 vuelos		Tiempo de carga de baterías y equipo	Retorno de personal	Estudio y compilación de material audiovisual	Salida del personal
<b>Martes</b>	Ingreso de personal	Tiempo de revisión de equipo tecnológico	Estación 5 (área 9 -10-11) 3 vuelos		Tiempo de carga de baterías y equipo	Estación 6 (área 12-13) 2 vuelos	Almuerzo	Estación 6 (área 12-13) 2 vuelos	Estación 7 (área 14-15) 2 vuelos		Retorno de personal	Estudio y compilación de material audiovisual	Salida del personal
<b>Miércoles</b>	Ingreso de personal	Tiempo de revisión de equipo tecnológico	Estación 7 (área 16-17) 3 vuelos		Tiempo de carga de baterías y equipo	Estación 8 (área 18-19) 2 vuelos	Almuerzo	Estación 8 (área 18-19) 2 vuelos	Estación 9 (área 20-21-22) 3 vuelos		Retorno de personal	Estudio y compilación de material audiovisual	Salida del personal
<b>Jueves</b>	Ingreso de personal	Tiempo de revisión de equipo tecnológico	Operación normal de control de plagas y malezas.				Almuerzo	Comité técnico de estudio de recorridos y material audiovisual			Retorno de personal	Estudio y compilación de material audiovisual	Salida del personal
<b>Viernes</b>	Ingreso de personal	Tiempo de revisión de equipo tecnológico	Operación normal de control de plagas y malezas.				Almuerzo	Revisión equipo tecnológico			Retorno de personal	Estudio y compilación de material audiovisual	Salida del personal
<b>Sábado</b>	Ingreso de personal	Tiempo de revisión de equipo tecnológico	Operación normal de control de plagas y malezas.				Almuerzo	Inspección de equipo tecnológico y reservas de energía de baterías.			Retorno de personal	Estudio y compilación de material audiovisual	Salida del personal
<b>Domingo</b>	No laboral	Descanso											

## Anexo 4

## Guía. instructivo de trabajo de inspección por dron.

Finca Carimata (Logo empresarial)	Instructivo de trabajo de inspección por dron.	Fecha	
		Código	
	Dependencia a cargo	Versión	
	Equipo agrónomo – finca Carimata	Formato	
<b>Proceso general (Objetivo)</b>			
La inspección aérea por dron busca reducir las plagas y malezas a lo que están expuesto los cultivos de arroz, tecnificando e innovando la inspección por medio de sobrevuelos de dron logrando registrar en tiempo real y con mayor calidad las posibles plagas, agilizando así la toma de decisiones y la capacidad de respuesta del equipo agrónomo			
<b>Tiempo de inspección</b>	<b>Persona a cargo</b>	<b>Número de áreas / estaciones</b>	
Lunes a miércoles en jornada laboral matutina	Equipo técnico conformado por: Piloto del dron, personal capacitado para ejercer las labores de vuelo; Profesional agrónomo, personal capacitado para reconocer por medio del material audiovisual las plagas y malezas del cultivo y tomar decisiones sobre la respuesta; cosechadores y operarios logísticos, preparados para el ingreso próximo a las áreas de influencia críticas para ejercer actividades de control de malezas y erradicación de plagas.	22 áreas de influencia de aproximadamente 11 hectáreas de cultivo. 10 estaciones, 9 fijas y 1 estacionaria o emergente.	
<b>Actividades a realizar</b>			
<b>1)</b> Alistamiento de equipo tecnológico, físico y mecánico necesario para el transporte y movilidad a las estaciones. <b>2)</b> Revisión de equipo tecnológico, liberación de espacio de memoria del dron, limpieza del equipo, revisión de carga de baterías del equipo tecnológico. <b>3)</b> Llegada a la estación de partida, calibración y alineamiento del dron. <b>4)</b> Conexión de equipos de radiofrecuencia e inicio de sobre vuelos según programación. <b>5)</b> Retorno de dron, revisión rápida de material audiovisual, cambio de batería y reinicio de sobrevuelo del dron. <b>6)</b> Finalización de sobrevuelos y retorno a instalaciones de la finca. <b>7)</b> Traspaso de material audiovisual a memorias de almacenamiento para el manejo de la trazabilidad y estadística. <b>8)</b> Realización de comités de trabajo para estudiar material audiovisual, toma de decisiones, actividades de control de plagas y malezas, actividades de mejora continua.			

<b>Condiciones de vuelo</b>			
<p><b>Velocidad de vientos:</b> Inferior a 35km/h, revisión de ficha meteorológica de la semana a realizar acciones de inspección; <b>Lluvias:</b> No es permitido el sobrevuelo de dron con lluvias de mediano y gran espectro, es recomendable no permitir que el dron tenga contacto con el agua. <b>Altura de vuelo:</b> Revisar ficha de fases de crecimiento del cultivo de arroz a realizar inspección, altura máxima permitida de sobrevuelo de revisión 1,00 metros. <b>Trayectorias:</b> De acuerdo a la malla ortogonal que tenga la cosecha de arroz a inspeccionar, permitido las maniobras evasivas en cuanto a riesgos que está expuesto el dron. <b>Programación:</b> lunes a miércoles en jornada laboral, sujeto a cambios según contingencias y necesidades del equipo.</p>			
<b>Recursos</b>			
<p>Automóvil de propiedad de la finca para movilidad de máximo 5 personas, con capacidad para cargar pesticidas, plaguicidas, funguicidas y elementos de corte y trabajo agrícola; equipo tecnológico compuesto por el dron de inspección con una carga de batería al 100%, 8 baterías externas compatibles con el dron con capacidad de carga al 100%, kit de limpieza, batería de contingencia, computador portátil, memorias USB o discos externos.</p>			
<b>Equipo</b>			
<b>Profesional 1</b>	Piloto	<b>Importancia</b>	Alta
<b>Profesional 2</b>	Profesional agrónomo	<b>Importancia</b>	Alta
<b>Profesional 3</b>	Técnico agrónomo (opcional)	<b>Importancia</b>	Baja
<b>Profesional 4</b>	Operadores (1 a 3)	<b>Importancia</b>	Media
<b>Riesgos</b>			
<p>Fuertes vientos, lluvias, inundaciones de áreas de influencia y estaciones de puntos de partidas, tormentas eléctricas, exposición a altas temperaturas, deshidratación, fauna endémica de la zona de bajo o mediana peligrosidad.</p>			
<b>Ruta</b>			
<b>Ruta 1</b>	Estaciones 1 - 2 - 3, 6 vuelos de 30 minutos aproximadamente cada uno. (Áreas 1 a la 6) estipuladas	<b>Duración</b>	1 jornada laboral

	como áreas en fases vegetativas y reproductivas		
<b>Ruta 2</b>	Estaciones 4 - 5 - 6, 9 vuelos de 25 a 30 minutos aproximadamente cada uno. (Áreas 7 a la 15) estipuladas como áreas en fases vegetativas y reproductivas.	<b>Fuente</b>	1 jornada laboral
<b>Ruta 3</b>	Estaciones 7 - 8 - 9, 6 a 7 vuelos de 30 minutos aproximadamente cada uno. (Áreas 16 a la 22) estipuladas como áreas en fases reproductivas y de maduración.	<b>Fuente</b>	1 jornada laboral
<b>Ruta emergente</b>	Estación de emergencia a verificar estado de estación 9, de menor acceso y más retirada de la vía principal, utilizada cuando quedan pocas cargas para sobrevuelos del dron.	<b>Fuente</b>	1/4 a 1/2 jornada laboral
<b>Material audiovisual</b>			
Fotografías en alta resolución, con peso no mayor a 10mb de capacidad, con zoom 4x como mínimo requerimiento, alta exposición de iluminación, detalle de colores. Vídeos grabados en 4K o 1080p, con duración máxima de 1 minuto dividido por la trayectoria del dron y amigable para el estudio del material audiovisual para personal externo en comités			
<b>Retorno</b>			
Al finalizar la jornada de sobrevuelos se dispondrá de generar la copia de seguridad de todo el material audiovisual según día, formato de grabación y fotografía, informe diario de actividades realizadas y resultados obtenidos; dejar el equipo tecnológico y mecánico en óptimas condiciones para la labor del día siguiente (limpieza de equipo tecnológico, carga de baterías externas e internas, liberación de espacio de almacenamiento de la memoria interna del dron.			