

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO QUE PERMITA LA MEDIDA DE ÁREAS PARA ANÁLISIS DE ESPACIOS, EN ZONAS RURALES DE DIFÍCIL ACCESO DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA, POR MEDIO DE LA UTILIZACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO.

OLGA SOFÍA MANRIQUE FIGUEROA

JUAN CAMILO PERDOMO ALDANA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA

NEIVA, 2016

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO QUE PERMITA LA MEDIDA DE ÁREAS PARA ANÁLISIS DE ESPACIOS, EN ZONAS RURALES DE DIFÍCIL ACCESO DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA, POR MEDIO DE LA UTILIZACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO.

OLGA SOFÍA MANRIQUE FIGUEROA

JUAN CAMILO PERDOMO ALDANA

Proyecto Aplicado presentado como opción de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico.

Director del Proyecto:

GILMA PAOLA ANDRADE TRUJILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA

NEIVA, 2016

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. ANTECEDENTES.....	12
3. JUSTIFICACION	15
4. OBJETIVOS.....	16
4.1 OBJETIVO GENERAL	16
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5. MARCOS DE REFERENCIA	17
5.1 MARCO TEORICO CONCEPTUAL	17
5.1.1 Evolución cartográfica.....	17
5.1.2 Vehículos aéreos no tripulados (VANT).....	18
5.1.3 Aplicaciones del drone en la agricultura.....	19
5.1.4 Coordenadas GPS.....	21
5.1.5 Cálculo de áreas a partir de coordenadas GPS	24
5.2 MARCO LEGAL Y NORMATIVO	28
5.3 MARCO TECNOLÓGICO	29
5.3.1 Drone Phantom 3 Standard.....	30
5.3.2 Lenguaje de programación JavaScrip	31
5.4 MARCO CONTEXTUAL	33
6. METODOLOGIA.....	35
7. DESARROLLO INGENIERIL	37
7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	37
7.2 OPERATIVIDAD DEL EQUIPO	38
7.3 CONSECUION DE MEDIDAS GPS Y REGISTROS DE VUELO.....	40

7.4 DESCRIPCION DEL SOFTWARE	42
7.5 REALIZACION DE PRUEBAS.....	45
8. ANALISIS DE RESULTADOS	59
9. CONCLUSIONES	61
10. BIBLIOGRAFIA.....	62
11. ANEXOS.....	64

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de triangulación GPS	22
Figura 2. Latitud y longitud.	24
Figura 3. Drone Phantom 3 Standard adquirido	30
Figura 4. Departamento del Huila.....	33
Imagen tomada de www.deturismoporcolombia.com	33
Figura 5. Diagrama de flujo desarrollo del proceso	37
Figura 6. Drone en elevación – finca hotel la cascada	38
Figura 7. Controlador remoto	39
Figura 8. Conectividad drone	39
Figura 9. Aplicación DJI GO vista desde el Smartphone.....	40
Figura 11. Archivos de vuelo	41
Figura 12. Enlace de acceso software diseñado	42
Figura 13. Procedimiento carga de archivos de datos del drone al software diseñado.....	43
Figura 14. Ejemplo cargar de sobrevuelo de drone.....	43
Figura 15. Dibujo o cuadrangulación del área sobrevolada.....	44
Figura 16. Impresión del área dibujada o sobrevolada por el drone.....	44
Figura 17. Sobrevuelo urbanización Viña del Mar	45
Figura 18. Dibujo o cuadrangulación del área sobrevolada – Urbanización Viña del Mar	46
Figura 19. Resultado área sobrevuelo urbanización Viña del Mar	46
Figura 20. Vista superior urbanización Viña del Mar	47
Figura 21. Vista superior-oriente urbanización Viña del Mar	47
Figura 22. Vista superior-norte urbanización Viña del Mar	48
Figura 23. Sobrevuelo Parcela Villa Flor.....	49
Figura 24. Dibujo o cuadrangulación área sobre volada Parcela Villa Flor.....	49
Figura 25. Resultado área sobre volada Parcela Villa Flor	50
Figura 26. Operación del drone en la Parcela Villa Flor	50
Figura 27. Vista superior Parcela Villa Flor	51
Figura 28. Sobrevuelo Finca Hotel la Cascada	52
Figura 29. Dibujo o cuadrangulación Finca Hotel la Cascada	52
Figura 30. Resultado área sobrevolada Finca Hotel la Cascada.....	53
Figura 31. Operación de Drone Finca Hotel la Cascada	53
Figura 32. Operación de Drone Finca Hotel la Cascada	54
Figura 33. Operación de Drone Finca Hotel la Cascada	54
Figura 34. Resultado área sobrevolada Vereda los Rosales	55
Figura 35. Operación de drone Piscícola Los Rosales	56
Figura 36. Operación de drone Piscícola Los Rosales	56

Figura 37. Resultado área sobrevolada Represa Betania	57
Figura 38. Resultado área sobrevolada Represa Betania	58
Figura 39. Resultado área sobrevolada Represa Betania	58

TABLA DE CONTENIDO DE ANEXOS

ANEXO 1. Circular reglamentaria No. 002 requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS. Numeral 4.25.8.256.

ANEXO 2. Apartes del software de programación.

RESUMEN

En ocasiones es necesario el cálculo y análisis de espacios rurales en relación a su área, con el fin de establecer diversas aplicaciones como distribución de cultivos, verificación de linderos, monitoreo de áreas, comprobación de sectores para desarrollo pecuario o agrícola, entre otras. Muchas veces estas medidas no pueden realizarse personalmente, o con equipos que impliquen el traslado del operario, debido a la extensión o complejidad topográfica del terreno. La presente propuesta busca desarrollar una aplicación de fácil manejo que permita la medida aproximada de áreas en terrenos extensos o poco accesibles, mediante la inspección o monitoreo aéreo de un vehículo aéreo no tripulado (drone).

El sistema a diseñar se compone de dos fases: la primera es el análisis del área bajo la toma de información de la zona de interés, y la segunda fase es el análisis completo de la información obtenida bajo el procesamiento de un software. Estos datos permitirán conocer la media de áreas según requerimientos, de manera que le facilite al administrador de los predios la ejecución de proyectos y la toma de decisiones en relación a la misma.

Aunque son múltiples las aplicaciones que en la actualidad nacen a partir de los drones, cuando nos referimos a casos domésticos éstas van orientadas por lo general a actividades lúdicas (fotos y videos). Solo empresas de gran envergadura se han dedicado a darle un uso más profundo a estos equipos.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se plantea como una alternativa de solución para la medición y cálculo de áreas en zonas rurales de difícil acceso del norte del departamento del Huila, mediante la utilización de un vehículo aéreo no tripulado, conocido también bajo el nombre de Drone. Implementar los servicios de un dron es ventajoso gracias a la disminución de costos, tiempo, y porque no decirlo es una forma de involucrar a nuestra región en los avances tecnológicos a nivel mundial.

Entre las funcionalidades tecnológicas que se obtienen con el dron, se encuentran las labores de medición y cálculos de áreas en terrenos rurales; esta facultad les ha permitido convertirse en una herramienta de primera mano para la medida de zonas extensas o de difícil acceso. Así mismo la facilidad de observar desde el aire el lugar en análisis, ofrece ventajas agregadas que pueden optimizar los procesos de planeación correspondientes al agro.

La adquisición de un Drone y el diseño de un software aplicativo que ayude al agricultor a realizar un sobrevuelo para lograr una panorámica de sus terrenos y poder tener mediciones con cálculos de áreas más rápidamente, es demasiado costoso y aun casi que inaccesible, sin involucrar lo complicado de su manipulación. Es por ello que este proyecto busca crear una aplicación que realice dichos procesos de una manera económica, eficaz, sencilla, y al alcance de todos.

El desarrollo del proyecto se compone de dos fases. La primera corresponde al reconocimiento del equipo, de los datos que se obtienen y de los registros que alberga. La segunda es sobre el procesamiento de la información de vuelo, la cual se realiza mediante la elaboración de un software de fácil manejo, con el que se puede obtener las respectivas mediciones en el menor tiempo posible y de manera casi exacta.

Este proyecto es altamente innovador y creativo, conlleva a la facilitación de procesos en beneficio del agro y sus propietarios; se considera que su tiempo de vida u operatividad será largo y de gran aceptabilidad por quienes lo conozcan.

TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO QUE PERMITA LA MEDIDA DE ÁREAS PARA ANÁLISIS DE ESPACIOS, EN ZONAS RURALES DE DIFÍCIL ACCESO DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA, POR MEDIO DE LA UTILIZACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para ejecutar tareas elementales o proyectos productivos en el sector rural, muchas veces es necesario conocer las áreas y espacios sobre los cuales se va a trabajar; sin embargo, existen ciertas zonas rurales demasiado extensas para medir que requerirían días enteros para lograr la verificación total de sus terrenos. También existen zonas donde no es posible acceder debido a la ausencia de senderos para caminar, o a que el terreno posee pendientes muy empinadas con derrumbes, lo que podría colocar en riesgo la vida humana. La pregunta problemática de la presente propuesta se enfoca en:

¿Cómo se pueden verificar espacios y adquirir información sobre medida de áreas en zonas rurales extensas o de difícil acceso?

La solución se encuentra en la integración de técnicas de monitoreo, verificación y medición bajo la implementación de tecnología actualizada de punta en relación a sobrevuelos.

2. ANTECEDENTES

Son contadas las incursiones que bajo la implementación de equipos de vuelo se hayan realizado últimamente en función de labores agropecuarias, pero dado que hoy en día uno de los elementos principales para la ejecución de este proyecto están tan de moda, y al alcance del usuario, pues implementarlos con beneficios colectivos ha sido un gran motivante.

Anteriormente, para este tipo de cálculos en zonas de difícil acceso se utilizaban avionetas con fotógrafos que tomaran las imágenes desde el aire de diferentes posiciones, pero con una misma altura, para luego unificarlas y hacer una sola fotografía grande de todo el terreno, luego se tomaba una hoja preferiblemente pergamino que se pudiera sobreponer a la fotografía y realizar diferentes métodos de análisis para hallar el área. Ahora con la implementación de los vehículos aéreos no tripulados (drones), se obtienen imágenes a tiempo real y con mejor precisión.

Los vehículos aéreos no tripulados, surgieron inicialmente como herramientas militares, pero hoy en día sirven para uso personal y empresarial, los cuales pueden tomar imágenes de la superficie terrestre para realizar los mapas del país. Los aparatos usados para ello tienen una autonomía de vuelo de hasta 25 minutos, pueden elevarse a alturas hasta los 2.000 metros sobre la superficie y están equipados con GPS, sistema inercial para estabilizar tomas y cámara de alta resolución para obtener imágenes aéreas de entre 500 y 600 hectáreas. Una vez se logra capturar la imagen a una escala determinada se hace la previa planeación del vuelo e identificación de puntos de GPS en campo, se descargan y se ensamblan digitalmente las imágenes con los puntos geo-referenciados, se procesa la información geográfica de la imagen, se hace un estudio de calidad y se genera el llamado mapa. En este sentido, los drones son ideales para captar fotos en sitios remotos o de difícil acceso como quebradas, caños y complejas zonas de orden público.

A nivel medioambiental respecto a su aplicabilidad el uso de drones permite llevar a cabo tareas de vigilancia y control; permite observar desde una perspectiva privilegiada los fenómenos y cambios que se producen en grandes espacios y comparar su evolución a lo largo del tiempo. Hoy en día se implementan de manera directa en: Vigilancia forestal y extinción de incendios, control de cuencas hidrográficas, evaluaciones de impacto ambiental, documentación de zonas de degradación y erosión, control de vertidos, control de almacenaje de residuos, estudio de especies salvajes o en peligro de extinción entre otros. Es altamente

utilizado en esta área debido a que es poco invasivo y no trastorna el desarrollo normal de la vida natural.

El equipo del instituto Nacional de tecnología agropecuaria de precisión del INTA Manfredi, evaluó la precisión de los datos obtenidos por un dron en condiciones reales, explicando MENDEZ¹ “Pudimos detectar una muy buena correlación entre el dato logrado en la medición por una cámara multispectral montada en un avión, con respecto a la medición tomada con el sensor activo Green Seeker montado en una pulverizadora”, lo cual genera un gran avance tecnológico en la agricultura de precisión, “Es una herramienta para saber con certeza lo que ocurre en el campo y certificarlo. En este caso, si hay deriva o no”¹.

Con estos avances tecnológicos, se pueden tomar decisiones en menor tiempo con tan solo observar las imágenes o videos y analizar el área, ya que se identifican cuáles son los problemas, las fallas en los terrenos y/o plantaciones, las plagas que tienen, entre otros y se cuenta con la opción de acercar la imagen si es necesario, o pausar el video, retroceder por un tiempo o adelantar el video.

Una de las aplicaciones más extendidas a nivel mundial que tiene los drones, es la realización de topografía aérea para obtener modelos de elevación del terreno que pueden usarse para aplicaciones en construcción, para inclusión en sistemas GIS y para comprobación de superficies y catastro en las ciudades.

Además de estas aplicaciones se pueden encontrar otras más agroforestales, que sirven para el control del aire, para la prospección y explotación de recursos minerales, aplicaciones hidrológicas y de agricultura, aplicación al seguimiento fitosanitario para masas forestales, extinción nocturna de incendios forestales, evaluación de impactos, y lo más reciente lanzado por DJI en 2015, un Drone con un aplicativo ya incluido que fumiga los cultivos.

En Colombia, también ya se encuentran a la venta diversos drones para diferentes necesidades, los cuales se pueden conseguir desde internet que ofrecen muchos servicios de cartografías en zonas amplias y de difícil acceso, entre los cuales se pueden nombrar a empresas como MAROCIT, AFI Aerofotografías e Ingeniería, Topoequipos S.A, entre otros.

No obstante, un software que mida los linderos de los terrenos en zonas rurales de difícil acceso en el departamento del Huila y que realice el análisis de los datos

¹ Drones un aliado de precisión para el campo. MENDEZ, Andres. Buenos Aires: INTA Manfredi.2014.

provenientes de un Drone, no es de fácil consecución por su elevado costo tanto para comprar, como para alquilar, ya que es una tecnología relativamente nueva que está incursionando en el mercado colombiano.

Anteriormente, para este tipo de cálculos en zonas de difícil acceso se utilizaban también avionetas con fotógrafos que tomaran las imágenes desde el aire de diferentes posiciones, pero con una misma altura, para luego unificarlas y hacer una sola fotografía grande de todo el terreno, luego se tomaba una hoja preferiblemente pergamino que se pudiera sobreponer a la fotografía y realizar diferentes métodos de análisis para hallar el área. Ahora con la implementación de los vehículos aéreos no tripulados, se obtienen imágenes a tiempo real, mejor precisión.

3. JUSTIFICACION

Contar con una información certera respecto a la delimitación de terrenos, inspección de espacios rurales, reconocimientos de áreas, entre otros, le permite a los campesinos o empresarios agropecuarios optimizar la productividad de sus fincas y terrenos, gracias a que dicha información les permitirá planear y proyectar de forma certera sus actividades. Hoy en día todo terreno sin importar su topografía es altamente valioso; no importa si son tupidos y frondosos bosques reguladores de clima, o nacimientos de agua en cumbres lejanas, o empinadas montañas de tierras fértiles, etc., todos a pesar de su forma o complicación de acceso son fuente de vida y de producción agrícola, los cuales deben inspeccionarse e incluirse en proyectos rurales.

El software propuesto permitirá inspeccionar dichas zonas, ofreciendo datos de medida de área, que le llevará al usuario a reconocer el espacio, sus delimitaciones, y así mismo utilizar dicha información para beneficio particular, y todo esto bajo la implementación de un vehículo aéreo no tripulado.

El desarrollo tecnológico a nivel mundial se ha enfocado en la realización de equipos y dispositivos que entre sus múltiples funciones apoyen las labores en las que la intromisión del ser humano físicamente no es posible. Las labores de verificación y las que requieran fácil acceso se han optimizado gracias a la aparición de los vehículos aéreos no tripulados, los cuales son dispositivos versátiles que han evidenciado su alta aplicabilidad en diferentes áreas. Estos fueron implementados inicialmente a nivel militar, pero hoy en día, se observan realizando labores de rutina en el área civil, toma de registros catastrales, en la agricultura de precisión, levantamientos cartográficos y por supuesto en el área medioambiental.

Los drones permiten optimizarse y adecuarse tecnológicamente según la funcionalidad a la que se dirigen, facilitan la integración de cámaras de video para obtener imágenes aéreas de alta resolución, así como la integración de GPS, entre otros.

La presente propuesta plantea la adecuación de este equipo para labores directamente de monitoreo y verificación rural según los requerimientos y necesidades del usuario en función del área rural que se desee analizar.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de monitoreo que permita la inspección y medida de áreas en zonas rurales de difícil acceso, con el propósito de suministrar información cartográfica del área inspeccionada.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear en tiempo real situaciones y estados agroforestales de las zonas o terrenos inspeccionados, mediante las imágenes y videos obtenidos del dron.
- Recolectar datos de posición y realizar mediciones en zonas de difícil acceso mediante la integración de elementos tecnológicos que permita la toma de imágenes, el suministro de coordenadas geográficas, elaboración de mapas y cálculo aproximado de áreas.
- Diseñar un software tipo aplicación que permita la interpretación de los datos obtenidos, y me ofrezca cálculo de áreas aproximadas.
- Obtener información procesada que facilite la ejecución de proyectos agropecuarios, verificación de espacios y toma de decisiones en relación al área analizada.

5. MARCOS DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

5.1.1 Evolución cartográfica.

A lo largo del tiempo, se han implementado nuevos procesos para trazar mapas o cartas geográficas (cartografía), enfocándolas hacia usos determinados; los resultados eran documentos demasiado extensos con mapas que quedaban divididos en varias hojas, con datos o detalles locales perdidos y que diferían entre las distintas ediciones. Por tal motivo, a mitad del siglo XX se empezó a desarrollar la cartografía digital, aumentando de esta manera la disponibilidad de los datos espaciales y técnicos para el respectivo análisis de manera más precisa.

Es a partir de este momento donde entra en auge las tecnologías de la información TI, las cuales han permitido manejar muchos datos de este tipo y a un costo muy bajo. Entre las TI se encuentran el desarrollo de herramientas de digitalización y automatización de cartografía; desarrollo de software destinados a la integración y análisis por medio de sistemas de información geográfica (SIG), etc.

Para manejar los datos espaciales suelen utilizarse varios tipos de programas como:

- Programas de CAD, que permite dibujar puntos, líneas y áreas en pantalla, por medio de un sistema de coordenadas las cuales define el usuario.
- Programas con teledetección: los cuales generan mapas como nuevas imágenes, tomadas de imágenes originales que capturan los satélites.
- Programas de cartografía automática, que crean mapas en impresoras de texto, por medio de distintos caracteres los cuales simbolizan distintos valores variables y entidades.

Con la creación de estos softwares, se vio la necesidad de implementar un nuevo tipo de programa informático, que recopilase toda la información en formato digital, los cuales se conocen como Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos fueron encaminados hacia la gestión y codificación cartográfica de variables.

Los Sistemas de Información Geográficos han ido aumentando y mejorando gracias a la unificación de nuevos y diversos tipos de aplicaciones informáticas, por tal motivo, además de tener bases fuertes en informática, también es importante conocer sobre la ciencia espacial, debido a que los SIG contienen gran carga teórica, haciéndose necesario en la selección de las herramientas adecuadas para un análisis en particular, según el enfoque o la aplicación que se le dé.

Un SIG permite la integración de base de datos espaciales y estas se pueden aplicar a distintas ramas como:

- Científicas: en ciencias medioambientales, en modelización para hacer mapas cartográficos, en teledetección.
- De gestión en cartografía automática: ordenación territorial, estudios de impacto ambiental.
- Empresariales en marketing: estrategias para la localización de un almacén en función de los clientes.

Como poner a funcionar todas las aplicaciones de las SIG resulta muy difícil debido a su alto costo de adquisición, mantenimiento de información espacial, duplicación de bases de datos, propagación de copias no siempre legales de los datos, etc. se creó la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), buscando facilitar el intercambio de datos espaciales, que son una serie de normas y estándares que los productores de datos espaciales deben seguir, con el objetivo de que los diferentes organismos productores de Información espacial puedan acceder a servidores de mapas por medio de internet. Entre estos servidores se encuentra a Sitna, National geographic Mapmachine, Google Earth y Google Maps.

Finalmente se debe tener en cuenta que los datos proporcionados por cada servidor sean coherentes entre ellos y utilicen una interoperabilidad semántica, para garantizar al usuario que, aunque los mapas procedan de sitios diferentes, se pueden utilizar juntos, según se requiera.

Como en la medición de áreas y toma de mapas aéreos, los problemas se basan fundamentalmente en la forma de conseguir la posición precisa en el espacio, se implementan nuevas tecnologías para tomar las imágenes en tiempo real, y en un área delimitada; para el caso particular del proyecto sería a través de un Drone, sujeto a un sistema de posicionamiento global (GPS). Este sistema de posicionamiento permitirá ingresar al Sistema de Información Geográfica y a sus bases de datos desde distintos servidores.

5.1.2 Vehículos aéreos no tripulados (VANT)

EL VANT es un vehículo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar carga o diferentes dispositivos de medición.²

² Definición extraída del documento <<Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary.

Existen diversas clases de VANT, entre estas se encuentran el: Globo aerostático, dirigible, de ala fija y de la rotatoria. En particular, los VANT o comúnmente llamados DRONES se han proliferado y han impactado diversos ámbitos como el militar, industrial y la agricultura. Específicamente, la utilización de tecnología en la agricultura ha llevado que se hable de “Agricultura de precisión”, es decir, es la combinación de herramientas tecnológicas para la optimización de la agricultura.

Se puede decir que un Drone es un avión pequeño, el cual no necesita de un piloto para ser manejado, ya que se puede volar por medio de un control remoto. Generalmente se les puede implementar aparatos como videocámaras que muestran la imagen en tiempo real y un dispositivo GPS, el cual va guardando su ubicación actual. Por su tamaño pueden llegar a lugares estrechos o de difícil acceso por donde no pasaría una avioneta sin poner en riesgo la vida del piloto.

En la actualidad la mayoría de los drones de gama media y alta, cuentan con dispositivos Global Positioning System, más conocidos como GPS, que es un sistema de navegación conformado por 24 satélites puestos en órbita por el departamento de defensa de los estados Unidos, utilizados inicialmente para aplicaciones militares, pero luego se puso a disposición de civiles, ya que el GPS funciona en cualquier parte del mundo bajo cualquier condición climatológica, las 24 horas del día. Por esta razón es tan importante saber en nuestras imágenes capturadas por el Drone cuál es la posición GPS.

Además de la agilidad en la captura de datos, la precisión y la resolución de las imágenes y el acceso a zonas complejas, el drone puede sortear condiciones climatológicas adversas: no se afecta por la nubosidad porque vuela por debajo de las nubes y ante corrientes fuertes de aire su sistema de aeronavegación detecta los nodos peligrosos que hacen que la aeronave se devuelva al punto de lanzamiento. En caso de extravío, envía una señal de GPS que permite su localización.

5.1.3 Aplicaciones del drone en la agricultura

A medida que la población va creciendo, la agricultura se ve obligada a aumentar su producción, por medio de la modernización de las prácticas agrícolas, para poder lograr una expansión incursionando en nuevas áreas agrícolas y un aumento de los rendimientos en cada una de ellas, produciendo de esta forma un nuevo concepto tanto de sostenibilidad ambiental como económico del proceso de producción.

Con la implementación de nuevas tecnologías, se logró aumentar los rendimientos en cuanto a siembra, recolección y procesos de productos agrícolas, pero se creó un nuevo interrogante en cuanto a la sostenibilidad ambiental, ya que con las nuevas prácticas agrícolas se debe buscar una tecnología con la que se pueda desarrollar técnicas que manejen diferencialmente todos los recursos naturales con los que se cuentan.

Pero no fue sino hasta finales de los años 80 que se empieza a hablar de la Agricultura de Precisión (AP), la cual busca la automatización del Agro mediante el sistema de posicionamiento global por satélite (GPS), empleando máquinas inteligentes que permitieron los avances más importantes en las prácticas agrícolas, que no solo aumentaron el rendimiento de la producción, sino también redujeron el impacto sobre el medio ambiente.

La agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola.³ Fue posible gracias a los avances de las tecnologías de los sistemas de posicionamiento global, de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la Percepción Remota, las tecnologías de dosis variable y en el análisis de datos georreferenciados.

Los avances en las tecnologías de telecomunicación, el sensoramiento remoto y las nuevas aplicaciones tecnológicas, entre otras, han permitido el desarrollo de nuevos equipos y sistemas para el análisis y procesamiento de información. La naciente tecnología ha cambiado la forma de concebir la agricultura. Es decir, se ha generado la “agricultura de precisión”, donde se combinan dispositivos y sistemas tecnológicos para el mejoramiento de los procesos producto haciéndolos cada vez más optimizados y sustentables⁴.

Unos de los dispositivos más utilizados para la toma de datos en la agricultura de precisión es el Drone, el cual tiene finalidades como, el análisis de sustratos, el estudio topográfico, análisis y medición de variables fisicoquímicas, análisis de cultivos para la detección de áreas infestadas o plagas en cultivos o zonas que necesiten mayor o menor atención del cultivo, inspección de áreas remotas, entre otras.

³ Agricultura de precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Rodolfo Bongiovanni, Evandro Chartuni Mantovani, Stanley Best, alvaro Roel. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agroalimentario y agroindustrial del cono sur. P15

⁴ Manual de agricultura de precisión. Avandro Chartuni Monoya, Carlos Magdalena. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agroalimentario y agroindustrial del cono sur. 2014.

Al integrar la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), con los datos recolectados con el Drone, tales como videos, imágenes, recorridos, etc. Se pueden usar aplicaciones especiales, diseñadas con IDEs de servidores como National Geographic, Google Maps, entre otros, para que muestre a través de imágenes satelitales las coordenadas geográficas que proporciona el Drone por medio del GPS, y de esta manera controlar el vuelo del Drone, mediante una programación del recorrido.

Los nuevos vehículos aéreos no tripulados que están saliendo al mercado, son más fuertes y más estables, tienen la capacidad de cargar determinado peso, pudiendo llegar a distintos cultivos para regarlos con agua (en caso de incendios forestales o sequías) o con veneno (para el control de plagas) y mediante una aplicación trazarles el recorrido del vuelo. De igual manera se programan las supervisiones del estado de los cultivos, de los predios, de los afluentes, etc. simplemente, dependiendo de la aplicación utilizada, se marcan los puntos por donde el drone debe pasar, de esta manera se reduce tiempo, se visualiza los terrenos con transmisión en directo, se plantean soluciones y se ejecutan.

Las aplicaciones utilizadas para procesar la información de los Drones que utilizan coordenadas GPS, las toman de los servidores que cuentan con Infraestructuras de Datos Espaciales, por tal motivo para que la agricultura de precisión avance, también debe de crecer la base de datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) y mantener la información actualizada, además deben seguir avanzando en la durabilidad de la batería en uso y aumentar el peso que soporte cargar los drones en sus vuelos.

5.1.4 Coordenadas GPS

GPS es la abreviatura de Global Positioning System y utiliza la constelación NAVSTAR, traducido como Sistema de Posicionamiento Global. La metodología se basa en la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre, apoyándose en la información radioeléctrica enviada por satélites. El GPS es un sistema basado en satélites artificiales activos, formando una constelación con un mínimo de 24 de ellos. Permite diferentes rangos de precisión según el tipo de receptor utilizado y la técnica aplicada.

GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día.

El funcionamiento de los satélites GPS, se basa en que los 24 satélites situados a 20200 Km de la tierra, están todos sincronizados milimétricamente y estos dan dos vueltas completas al planeta tierra durante el día (es decir pasan por el mismo lugar cada 12 horas), dentro de una órbita muy precisa, transmitiendo de esta manera señales a la tierra y suministrando su ubicación y la hora exacta, la cual proporciona un reloj atómico que cada satélite lleva a bordo.

Por estar todos los satélites sincronizados, las señales transmitidas (que se mueven a la velocidad de la luz), se efectúan en todos los satélites en el mismo instante de tiempo, pero llegan a los receptores en diferentes tiempos, debido a que no están a la misma distancia (unos se encuentran más alejados que otros). Por tal motivo, el receptor GPS que se encuentra en la tierra compara los diferentes tiempos que toma una señal en ser recibida por el receptor con la señal que transmite uno de los satélites en el espacio, y esta diferencia de tiempo es la que indica al receptor GPS la distancia en que se encuentra el satélite.

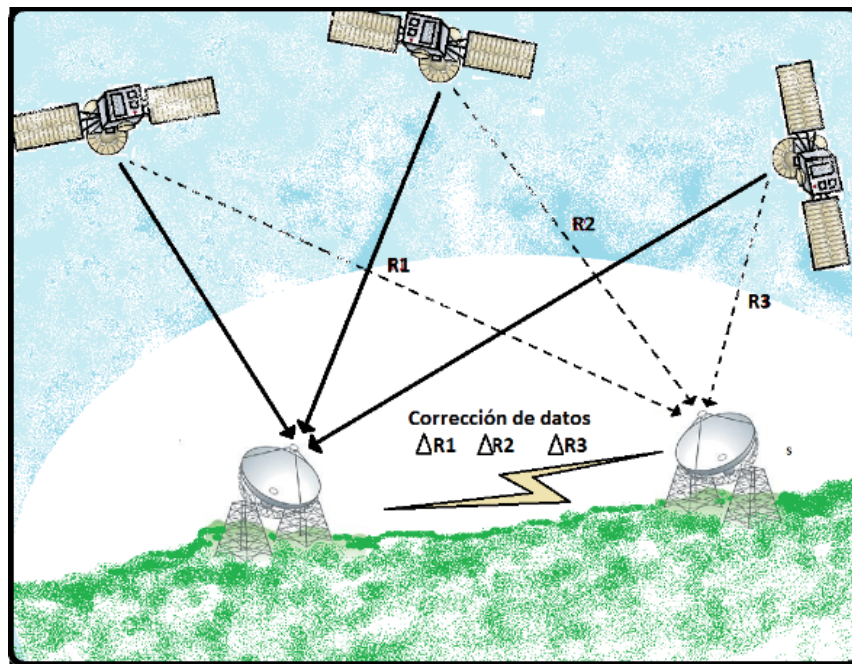


Figura 1. Sistema de triangulación GPS

Por otro lado, los usuarios que cuentan con receptores GPS, dependiendo de su necesidad, pueden utilizar su dispositivo de tres modos diferentes: el primero es navegación autónoma, cuya precisión es de 100 metros para usuarios civiles y hasta 20 metros para usuarios militares; el otro modo es el posicionamiento diferencial corregido (DGPS) con una precisión de 0.5 a 5 metros utilizado en navegación costera, posicionamiento de vehículos, sistema de información geográfica SIG, etc.;

y por último está el modo de posicionamiento diferencial de fase, con precisión de 0.5 a 20 mm, el cual se utiliza en control de topografía.

La distancia del satélite al receptor, se calcula por medio de la ecuación $d=c\Delta t$, donde c es la velocidad de la luz y se basa en la medición de la distancia desde la posición de cada uno de los satélites a la tierra. Estas distancias medidas pueden tener diversos errores como por ejemplo retrasos atmosféricos sobre la señal, efectos multitraectoria, errores en los relojes, entre otros, los cuales se pueden solucionar en gran parte con la técnica DGPS con precisiones de 2 a 3 metros.

De acuerdo al Instituto Panamericano de Geografía e Historia, el principio fundamental de la cartografía consiste en el establecimiento sobre la superficie de la tierra de un sistema de coordenadas al que puede referirse cualquier punto de la misma, teniendo las principales direcciones de referencia que son: Norte, Sur, Este y Oeste. En otras palabras las coordenadas son un conjunto de líneas horizontales y verticales que permiten localizar un punto sobre la superficie de la tierra y le asigna un valor determinado, para ello se emplean coordenadas geográficas (ϕ, λ), planimétricas*o planas (N, E) o coordenadas cartesianas (X,Y)⁵.

Las Coordenadas geográficas, se fundamentan en la rotación de la tierra, considerando a la misma como una esfera que gira de Este a Oeste, alrededor de un eje cuyos extremos están los polos (polo norte y polo sur). El sistema está compuesto por una red de líneas imaginarias trazadas sobre la superficie de la tierra denominadas paralelos y meridianos.

El ecuador terrestre divide a la tierra en dos hemisferios: hemisferio norte y hemisferio sur. A su vez, el meridiano de Greenwich divide a la tierra en hemisferio oriental y occidental.

Los paralelos (latitud), son círculos trazados sobre la esfera de la tierra paralelamente al ecuador, hacia el polo norte y polo sur. Estos círculos van haciéndose más pequeños a medida que se acercan a los polos. Latitud (ϕ), es la distancia angular entre un punto sobre la tierra y el ecuador. Se mide en dirección Norte o Sur a partir del paralelo (ecuador) desde 0" hasta 90".

Los Meridianos (longitud), los meridianos son círculos mayores trazados sobre la esfera de la tierra que pasan por los polos y son perpendiculares al ecuador. Los meridianos se trazan a partir de un meridiano de origen o referencia, por convención internacional el meridiano que pasa por el observatorio de Greenwich (Inglaterra) es el meridiano de origen (0°).

⁵ BOLFOR; ETSFOR. 1999. "Cartografía y Uso de la Tecnología GPS".

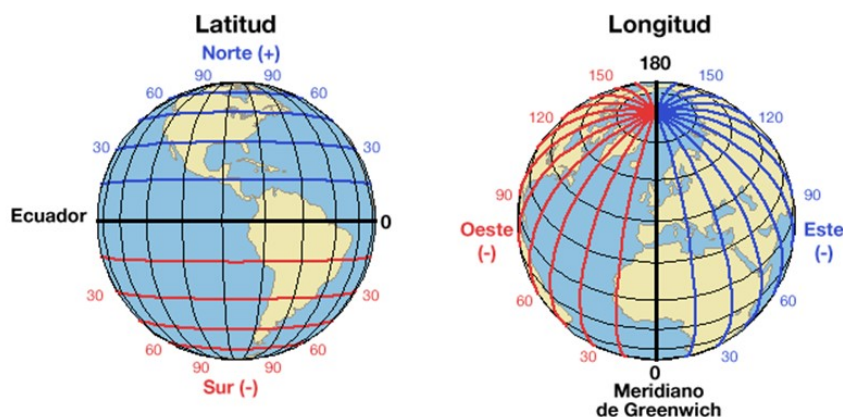


Figura 2. Latitud y longitud.

Imagen tomada de: http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/28072010/40/es-an_2010072811_9130117/ODE-c32f6c9f-faa1-3bcb-b141-6311408f6bf3/5_cmo_localizamos_un_lugar_en_este_planeta.html

Longitud, es la distancia angular que hay entre un punto de la superficie de la tierra y el meridiano de Greenwich. Se mide en dirección Este u Oeste a partir de dicho meridiano, desde 0° hasta 180°.

Los paralelos y meridianos conforman la red de coordenadas geográficas y constituye la base de la cartografía ya que con ella se puede determinar cualquier punto sobre la tierra. Las coordenadas geográficas tienen como unidades los grados, minutos y segundos, cuando se esté trabajando en un mapa, lo primero que tiene que revisarse es el sistema de coordenadas. Si son geográficas y desea realizar operaciones entre coordenadas geográficas tiene que conocer las equivalencias entre distancias angulares y lineales, sólo de esta manera podrá establecer, por ejemplo, distancias entre dos puntos.

5.1.5 Cálculo de áreas a partir de coordenadas GPS

Para el cálculo de áreas en zonas rurales existen diferentes técnicas, en donde se mide y/o calcula el área específica. Lo primero que se debe hacer es escoger el terreno o la finca que se desee conocer la extensión de su área, la cual se puede ejecutar por medio de levantamiento del área con brújula y metro, levantamiento con teodolito y estadía, o por medio de sensores remotos como fotografías aéreas e imágenes satelitales, mediante el sistema de posicionamiento global (GPS).

Cuando son zonas extensas o de difícil acceso, por economía y tiempo es recomendado el uso de sensores remotos como fotografías aéreas por medio de

drones y las imágenes de satélite y a partir de estas se puede calcular sus respectivas áreas.

Los sensores remotos utilizan detectores de energía para registrar cambios en la manera en que los objetos que están ubicados en la superficie emitan ondas electromagnéticas, las cuales se clasifican por su longitud de onda. La gran parte de los sensores remotos operan en varios rangos del espectro electromagnético, usualmente en la banda de ondas visibles desde $0,3\mu\text{m}$ hasta $0,7\mu\text{m}$.

El uso de fotografías aéreas por medio de Drone, para el cálculo de áreas donde el terreno es plano, se puede utilizar una secuencia de fotografías tomadas en posición vertical, en línea recta, siempre a la misma altura para facilitar la medición de distancias y áreas en la fotografía, a través de la posición global GPS que arroje el Drone, donde hipotéticamente se puede realizar un mapa de mosaicos pegando todas las fotos desde el punto medio donde el Drone tomó la fotografía, de la cual obtenemos una aproximación buena para el cálculo de las áreas en terrenos planos y de difícil acceso.

Si existe algún desvío de altura media del terreno, es mejor corregir el mapa de mosaicos, utilizando puntos de control en el campo, determinando la distancia con la posición del GPS del Drone, para poder conocer la distancia real entre las coordenadas exactas.

Las áreas de zonas rurales, no cuentan con formas geométricas delimitadas, entonces generalmente no se puede calcular la superficie de un terreno mediante la aplicación de fórmulas geométricas, sin embargo, se puede calcular la superficie aproximada mediante la aplicación de métodos tales como:

Uso de fajas: se trazan un número de líneas paralelas y equidistantes, las cuales se sobreponen en la fotografía aérea donde está el área que queremos medir. Se miden todas las longitudes de las fajas que cubren completamente el área por medir y se multiplica la sumatoria de sus longitudes por el ancho de las fajas. Entre más pequeña es la faja, más aproximada es la medición.

Uso de una reja de cuadrados: esta técnica consiste en dibujar una rejilla de cuadrados con superficies conocidas y sobreponerla sobre la fotografía aérea, con el fin de sumar todos los cuadrados que caben dentro del terreno a medir y finalmente multiplicarlo por el área de un solo cuadrado. Si quedan cuadrados que no están sobre el área completamente, solo se cuentan si más de la mitad del cuadrado está cubierto, de resto se desecha.

Uso de una reja de puntos: esta técnica se parece mucho a la anterior de cuadrados, con la diferencia que evita contar los cuadrados medio llenos, ya que los puntos no

tienen ninguna dimensión. Cada punto representa una superficie igual a la superficie del cuadrado, lo cual permite un acercamiento estadístico al dibujar la reja de puntos ya que asegura un mayor grado de confiabilidad.

Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos y a la implementación de las TI (Tecnologías de la información), se pueden medir distancias y calcular áreas con distintas herramientas de digitalización, las cuales se desarrollan partiendo de los SIG (Sistemas de Información Geográfica), que permiten el intercambio de datos espaciales a través de las normas y estándares IDE (Infraestructura de datos Espaciales). Estos estándares facilitan el acceso a servidores de mapas como Google Maps o Google Earth, a los cuales se ingresan por medio de internet.

Al utilizar la infraestructura IDE del servidor Google Maps, se puede obtener las áreas y distancias que se deseen calcular de un terreno, utilizando la librería Geometry.

La librería geometry, no se carga de forma predeterminada cuando se carga Maps JavaScript API, y toca definirla directamente con un parámetro de arranque libraries, es decir, el código de JavaScript para Google Maps API, se carga con la dirección: <https://maps.googleapis.com/maps/api/js>, sin embargo solo tiene los objetos y símbolos JavaScript más importantes, por tal razón existen bibliotecas independientes que tienen utilidades específicas, las cuales no se cargan a menos que uno las llame. En este caso en particular, se necesita de una librería que pueda calcular distancia y área sobre la superficie terrestre, es decir la librería geometry, la cual se debe de solicitar de la siguiente manera:

```
<script type="text/javascript"
    src=https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=YOUR_API_KEY&libraries=geometry>
</script>
```

La librería Geometry de la aplicación Google Maps JavaScript API, cuenta con tres espacios que contienen métodos estáticos en lugar de clases. Estos espacios son:

- **Spherical**, como su nombre lo dice, contiene utilidades en geometría esférica, permitiendo el cálculo de ángulos, distancias y áreas a partir de latitudes y longitudes, la cual se encuentra ubicada en el espacio de nombres de la Google Maps API como: google.maps.geometry.spherical
 Se debe tener en cuenta que todas las imágenes que se encuentran en Google Maps JavaScript API no son tridimensionales, todo lo contrario, son

planas y bidimensionales, dificultando el análisis de distancias y áreas, puesto que la tierra tiene forma de esfera y es tridimensional, por tal razón, la API de Google Maps utiliza una esfera y por medio de una proyección representa la tierra en una superficie plana, la cual se implementa por medio de la interfaz *Projection*. Esta interfaz, brinda una asignación de coordenadas del planeta bidireccional, las cuales se debe especificar como traducirlas, es decir de objetos *LatLng* al sistema de *coordenadas mundiales* de *Projection* o al contrario.

Para las mediciones de distancia y los cálculos de áreas, la geometría euclidiana convencional no se puede utilizar, debido a que es muy difícil aplicar determinada distorsión en la proyección del mapa 2D, ya que, en el cálculo de distancias, por ejemplo, no se podría determinar la curvatura, puesto que no es una línea recta, sino una línea geodésica, y se debe de calcular es su círculo máximo formado por un triángulo en la superficie de la esfera, cuyos ángulos suman más de 180 grados, por tal motivo se debe de utilizar es la geometría esférica.

Para computar distancias se utiliza `computeDistanceBetween()`, para calcular la extensión de un recorrido en donde hayan diferentes ubicaciones se utiliza `computeLength()`, y para computar el área de un polígono se utiliza `computeArea()`. Estos cálculos se expresan en metros y metros cuadrados respectivamente.

- **Encoding**, el cual sirve para codificar y decodificar rutas de acceso de polilíneas.

Para codificar rutas de acceso polilíneas, se necesita de un algoritmo de compresión con pérdida, con el cual se puede almacenar varias coordenadas en una sola cadena. Estos algoritmos son de mucha ayuda para guardar imágenes fotográficas que ocupan mucho espacio, ya que no se guarda una copia exacta de la imagen, sino una aproximación a la imagen, la cual aprovecha las limitaciones visuales del ojo humano y esconde la distorsión que se mete.

El proceso de codificación polilínea, convierte un valor binario en una serie de códigos de caracteres para ASCII (no acentuados), utilizando el esquema de codificación base 64, mediante un código de 8 bits. Este algoritmo, también puede comprobar los caracteres adicionales para un punto dado (codificado en base 64), acreditando el menor bit de cada grupo de bytes y para ahorrar espacio los puntos solo contienen el desplazamiento desde el

punto anterior. Cabe aclarar que estos puntos siempre serán enteros con signo, ya que tanto la latitud como la longitud son valores con signo.

Para codificar una polilínea, se debe tener en cuenta una precisión de 5 cifras decimales en las coordenadas que representan la longitud y la latitud. Es decir, sabiendo que la longitud máxima es de +/- 180° su precisión es de 180.00000 hasta -180.00000. en Google Maps JavaScript API, se encuentra el método estático para codificar un recorrido bajo el nombre de: `encodePath()`, el cual puede pasar varios objetos con `LatLng` o `MVCArray`, los cuales son devueltos bajo el nombre `Poliline.getPath()` y finalmente se decodifica el recorrido codificado llamando a `decodePath()`.

- **Poly.** contiene métodos estáticos para calcular si una ubicación cualquiera se encuentra dentro o cerca de un polígono o una polilínea, entre los métodos para determinar se encuentran:

`containsLocation()`. Esta función siempre devuelve un verdadero si se encuentra adentro o en los límites del polígono “true”, o un falso si la ubicación esta por fuera del polígono “false”

`inLocationOnEdge()`. A diferencia del anterior, este determina si está adentro o afuera de una polilínea y si la ubicación se encuentra a una tolerancia máxima de 10^{-9} grados devuelve un “true” de lo contrario, devuelve un “false”. Ver anexo 2, apartes del software de programación.

5.2 MARCO LEGAL Y NORMATIVO

La reglamentación de los Drones en Colombia es relativamente nueva, ya que al inicio de esta investigación no había aun establecida una norma como tal. A partir de septiembre del año 2015 se empezó a regular el uso de los drones o Naves Piloteadas a Distancia (RPA), mediante el organismo de control que le corresponde dicha tarea en Colombia que es la Aeronáutica Civil; dicha norma se expidió el 3 de septiembre de 2015 con la circular 002, en donde estipulan normas como la altura y distancia máxima que puede volar un dron, los sitios por donde pueden circular y normas para el usuario que los manipule en sitios públicos y concurridos. Sin embargo, el presente proyecto de investigación será desarrollado en zonas rurales, por tanto, no tenemos grandes restricciones.

Para ampliar la normatividad, se podrá encontrar la circular reglamentaria No. 002 “requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS” (Numeral 4.25.8.2) en los anexos.

5.3 MARCO TECNOLÓGICO

Como se mencionó anteriormente, al tomar las coordenadas geográficas o GPS se está informando sobre nuestra ubicación respecto a la Latitud y a la Longitud, donde la posición exacta orientación Norte – Sur nos la da la Latitud y la de oriente-occidente nos da la Longitud.

La Latitud se mide respecto a eje ecuatorial, se les da valores positivos si la ubicación esta sobre dicho eje y valores negativos si está por debajo de él; Para sacar la longitud se toma el mismo esquema que para la Latitud, pero no se toma la línea ecuatorial, sino que se toma como punto de referencia el Meridiano de Greenwich, esta también cuenta con valores negativos y positivos.

Cabe mencionar que la Altitud también es necesaria para dar una ubicación más exacta sobre la faz de la tierra. Para la escritura de las coordenadas se emplean dos tipos de unidades de medidas que son las coordenadas decimales y las sexagesimales.

En un GPS aparece la opción de dar la ubicación en cualquiera de las dos formas de coordenadas, un GPS es un sistema que se apoya en satélites espaciales, los cuales reciben las ondas del GPS y las devuelve con los datos precisos de su ubicación.

Una de las aplicaciones del Drone que más ha impactado es la utilización de GPS en labores topográficas, ya que facilita la señalización de puntos de referencia en lugares de difícil acceso, como campos de arroz o zonas selváticas.

A la población en general las labores de identificación de linderos y cálculos de áreas de extensos terrenos se les hicieron más fáciles con el uso de GPS incorporados a DRONES, ya que fácilmente desde un punto se puede recorrer cualquier área con la ayuda de un Drone equipado con GPS y sacar con exactitud sus coordenadas geográficas.

5.3.1 Drone Phantom 3 Standard

El dron adquirido para el presente proyecto es el Phantom 3 Standard, el cual es de tipo cuadricóptero y fácil de volar. Incluye una cámara de alta calidad, un controlador remoto personalizado y una batería de vuelo inteligente, además cuenta con una aplicación exclusiva de la marca llamada DJI GO que se instala en dispositivos móviles.

El controlador de vuelo proporciona estabilidad, seguridad y control al Phantom 3 Standard. Los modos de vuelo posibles se han diseñado para optimizar el control de la aeronave para diferentes condiciones y fines. El controlador de vuelo permite que la aeronave regrese automáticamente al punto de origen (RTH) si se pierde la señal del controlador remoto (es decir, RTH de seguridad) o cuando se lo solicite el piloto (es decir, RTH inteligente), lo que garantiza el regreso seguro de la aeronave. Los datos de vuelo se almacenan en el dispositivo en todos los vuelos y se puede acceder a ellos en cualquier momento.



Figura 3. Dron Phantom 3 Standard adquirido

Características:

- La cámara integrada captura vídeo a 2.7K y fotos de 12 megapíxeles.
- La batería ofrece hasta 25 minutos de tiempo de vuelo
- El vídeo HD en directo se transmite desde la cámara a la aplicación DJI GO por WiFi durante el vuelo.
- No se debe volar cuando la velocidad del viento sea superior a 10 m/s.

- Solo operar en terrenos abiertos, donde no haya influencia de edificios y campos electromagnéticos.
- Su velocidad es de hasta 16 m/s en modo ATTI con poco viento
- Cuenta con un sistema de estabilización de 3 ejes (mov. horizontal, mov. Vertical y rotación), para que la imagen proporcionada por la cámara no sufra de movimientos constantes durante las tomas
- Tiene 3 modos de navegación que facilita su uso, el “Follow me” que hace que el drone siga al control remoto, el “Waypoint Navigation” el cual permite establecer puntos en una ruta específica, y el “Point of Interest” que mantiene el Phantom volando alrededor de un objeto
- Con la aplicación DJI GO se pueden establecer límites de altura y distancia, para que el drone se mantenga dentro de los límites de vuelo establecidos.
- El rendimiento de la aeronave y de la batería depende de factores medioambientales, como la densidad del aire y la temperatura, evitar sobrepasar los 6000 msnm.

5.3.2 Lenguaje de programación JavaScript

Java es un lenguaje de programación (como el Pascal, el BASIC o el C y C++) que fue desarrollado por la empresa Sun fundamentalmente para crear aplicaciones en Internet. El lenguaje Java es completo, es decir permite realizar cualquier operación sobre el ordenador (como por ejemplo borrar un archivo). Javascript es lo que se conoce como lenguaje script, es decir: se trata de código de programación que se inserta dentro de un documento. Javascript fue desarrollado por la empresa Netscape con la idea de potenciar la creación de páginas Web dinámicas para su navegador Navigator.

El lenguaje de programación JavaScript, es utilizado habitualmente para controlar el comportamiento de las páginas web e interactuar con otros usuarios, se enfoca principalmente en ayudar a los desarrolladores a interactuar con la página web y con el navegador, pudiendo ser usado en páginas HTML.

Se puede decir que el JavaScript, es un lenguaje de programación interpretado, ya que no necesita ser compilado por provenir del lenguaje Java y el lenguaje HTML. Fue creado por Brendan Eich y desde su creación ha pasado por varios nombres, primero Mocha, luego LiveScript y finalmente en el año 95 tomó el nombre de JavaScript.

Javascript (en contra de lo que se podría suponer) es totalmente distinto de Java. Java crea programas totalmente independientes y operativos; Javascript es más

sencillo porque lo único que permite es insertar código especial dentro del HTML de una página, su función es ampliar las posibilidades de HTML. Javascript no crea programas independientes, dependen por completo del código HTML de la página. La ventaja fundamental de Javascript es que su aprendizaje y uso son muy sencillos y que permite realizar labores complejas en una página sin necesidad de aprender CGI. Entre sus principales características se tiene:

- JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, es decir, que necesita un intérprete para ser ejecutado.
- JavaScript se utiliza principalmente en páginas web.
- Al igual que HTML, JavaScript es ejecutado por el navegador del usuario: se llama un cliente, en comparación con el lado del servidor cuando el código es ejecutado por el servidor.
- Javascript está normalizado por ECMA International como el nombre ECMAScript Language Reference.
- Hay otros lenguajes derivados del ECMAScript como ActionScript, EX4 o JScript.NET.

A pesar de que Java es un lenguaje de programación no se puede comparar con otros lenguajes de programación como C++ ni mucho menos con el lenguaje Java, ya que, aunque tienen sintaxis parecidas, Java es un lenguaje de programación orientado a objetos que tiene herencia, y JavaScript es un lenguaje de programación orientado más a eventos y no tiene herencia.

Este lenguaje de programación, se utiliza principalmente hacia el lado del cliente, ya que se ejecuta el programa en el computador y no en el servidor, lo cual permite dar unos estupendos efectos dinámicos en las páginas web. Como ejemplo se podría hablar de un código HTML con un código JavaScript, al servidor recibir la petición de la dirección web, el código HTML hará que aparezca en la pantalla una imagen, un fondo de color, una letra con algún tamaño, etc. (nada del otro mundo), pero el código del JavaScript, le crea todos los efectos que se deseen, convirtiendo la página web en una interfaz animada y dinámica, donde los efectos se generen cuando el usuario realice diferentes acciones en su pantalla.

Para iniciar a desarrollar el código de JavaScript, se necesitan programas editores de fuentes, es decir, un software que se utilice para escribir y editar los programas en JavaScript, los cuales se conocen como IDE (Entorno de desarrollo integrado) o editor código de fuente. Existen IDEs gratuitos y pagos, entre los gratuitos están: Eclipse, Aptana, Netbeans, Spket IDE y entre los de pago: IntelliJ Webtorm, Komodo IDE, Microsoft Visual Studio, IntelliJ IDEA, entre otros.

Como se puede incluir códigos de JavaScript en cualquier página web o en un documento HTML (lenguaje de marcas de Hipertexto), este debe de ir dentro de las siguientes etiquetas: `<SCRIPT> ... </SCRIPT>` . hay que tener en cuenta que el JavaScript puede diferenciar entre mayúsculas/minúsculas, y tiene en cuenta también los espacios en blanco.

5.4 MARCO CONTEXTUAL

Los lugares elegidos para la realización de las pruebas corresponden a zonas rurales del norte del departamento del Huila, específicamente zonas aledañas a la capital del mismo.

El departamento del Huila se halla localizado en la zona Sur-occidental del país, cuenta con un área aproximada de 19.890 km², lo acompañan las cordilleras Central y Oriental, desde el Macizo Colombiano hasta su mayor estrechamiento en el extremo Norte, entre el río Cabrera y la Cordillera Oriental. Geográficamente limita por el Norte con los departamentos del Tolima y Cundinamarca, por el Este con Meta y Caquetá, por el Sur con Caquetá y Cauca, y por el Oeste con Cauca y Tolima.



Figura 4. Departamento del Huila.
 Imagen tomada de www.deturismoporcolombia.com

La topografía del centro y norte Huila es en gran parte llana, es atravesado por el río Magdalena por lo que dichas tierras son sembradas generalmente en arroz, pero también se ve mucho la explotación petrolera y cría de ganado. El clima es cálido volviéndose más frío a medida que se acerca a la cordillera, debido a que esta zona se vuelve montañosa, haciendo más productivas estas tierras. Tiene como eje hidrográfico al río Magdalena, sobre cuyas planicies se encuentra concentrada la mayor parte de la población.

El Huila por encontrarse irrigado por el río Magdalena, muestra un valle majestuoso hasta entrarse al departamento del Tolima, en dicho valle la topografía es plana y el clima es cálido, acompañado por vientos leves iniciados por los cambios de temperatura cuando tolda el ardiente sol sobre estas tierras.

6. METODOLOGÍA

Tipo de Estudio.

De desarrollo tecnológico aplicado a los sectores agrícola y ambiental.

Diseño de la investigación.

Es de tipo experimental, por la labor de inspección del equipo en lugares de difícil acceso, y debido a las condiciones medioambientales que afectarían la recolección de datos. También es de tipo de observación, puesto que se hará la descripción del terreno, razón por la cual el proyecto tendrá un enfoque mixto.

Población.

La población correspondería a propietarios de fincas en las zonas rurales del norte del departamento del Huila.

Procedimiento para determinar la muestra.

Toma de múltiples puntos de posición del dron, mediante su registro de vuelo el cual queda almacenado en la memoria del equipo, Igualmente se permite la toma de videos e imágenes.

Recolección de la información.

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información fueron:

- Dron Phantom 3 Estándar
- cámara fotográfica HD
- Celular SmartPhone
- Computador.

Para el control de calidad y efectividad de las medidas, se realizaron pruebas a pequeños territorios, donde fácilmente se obtenía la medida de manera manual, y luego se corroboraba con los datos generados por el dron.

Análisis de los datos.

Por medio del análisis de información de posición tomadas por el dron realizando el debido procesamiento empleando programación desarrollada en JavaScript.

7. DESARROLLO INGENIERIL

7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Una vez determinadas las necesidades y objetivos del proyecto, se planteó el siguiente flujograma que describe de manera específica el paso a paso gestado para la concepción del presente proyecto. Básicamente se inicia con un reconocimiento de operatividad del dron, se procede a detectar que tipo de registros alberga durante su funcionamiento para así determinar qué desarrollo de software aplicaría de manera más efectiva para obtener las áreas solicitadas.

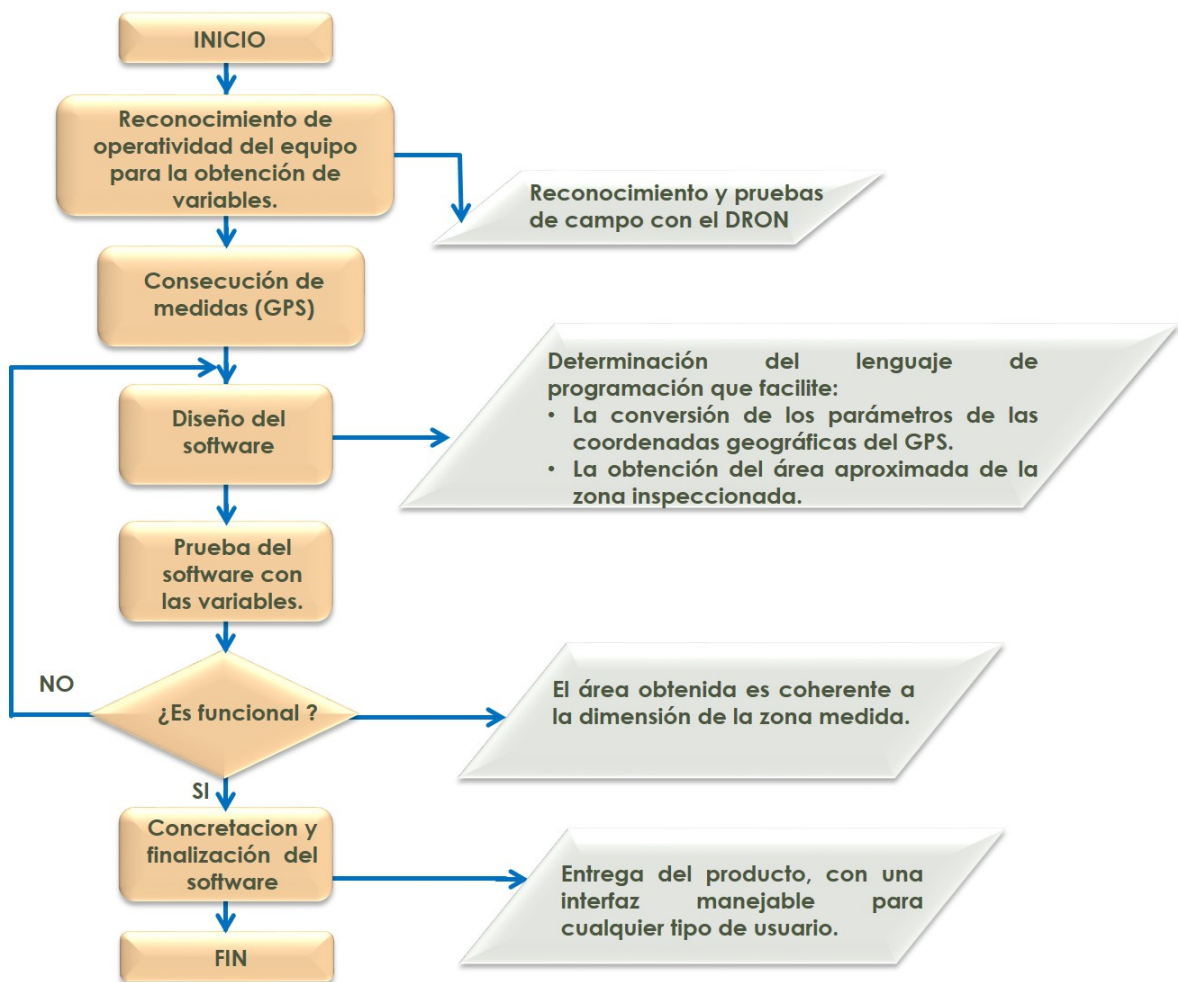


Figura 5. Diagrama de flujo desarrollo del proceso

7.2 OPERATIVIDAD DEL EQUIPO

El dron en particular es un DJI Phantom 3 standard y es la representación más básica de la línea de productos relativos a esta marca. Para el presente ejercicio estuvo configurado para trabajar a una altura máxima de 500 metros, con un alcance horizontal de 1000 metros; la batería mantiene un trabajo útil de 25 minutos aproximadamente. Para que el dron inicie su vuelo debe superar un proceso de configuración inicial que le permitirá reconocer el punto de partida por si se requiere un regreso forzoso de seguridad, en caso de que se pierda la señal.



Figura 6. Dron en elevación – finca hotel la cascada

Una vez lista, la aeronave queda a merced del controlador remoto que gracias a la aplicación previamente instalada en el celular, podrá monitorear los movimientos del equipo. Dentro de los tres modos de vuelo disponibles el dron se operó en Modo P-GPS (posicionamiento en función de la intensidad de la señal GPS).



Figura 7. Controlador remoto

Imagen tomada de http://store.dji.com/product/phantom-3-standard?from=menu_products

El vídeo HD en directo se transmite desde la cámara a la aplicación DJI GO por WiFi durante el vuelo. Hay un amplificador WiFi integrado en el controlador remoto, que facilita la transmisión desde la ubicación del dron. La transmisión de vídeo WiFi integrada en el controlador es de 2,4 GHz y proporciona al dispositivo un alcance de comunicación efectivo de hasta 1000 m. También permite al controlador remoto conectar con la aplicación DJI GO de forma inalámbrica.



Figura 8. Conectividad dron

Imagen tomada de http://store.dji.com/product/phantom-3-standard?from=menu_products

7.3 CONSECUION DE MEDIDAS GPS Y REGISTROS DE VUELO

Acciones de telemetría

Los datos telemétricos referente al sobrevuelo del área elegida, se registran por medio de la aplicación DJI GO. Estos datos corresponden a las coordenadas del GPS que tiene el Phantom 3 (latitud y longitud). A partir de estas coordenadas se procede a extraer el archivo que contiene las coordenadas GPS, con el fin de introducirlo al software diseñado y así finalmente obtener el área sobrevolada.

Al operarse la aplicación DJI desde el Smartphone se guardan todos los registros y datos de vuelo; La aeronave conserva automáticamente un registro detallado que incluye mediciones de telemetría, información de estado de la aeronave y mensajes de error. Para exportar estos datos, se requirió conectar la aeronave al PC a través del puerto MicroUSB e iniciar la aplicación DJI GO para obtenerlos, y así tener la información precisa para su análisis posterior con el software diseñado.



Figura 9. Aplicación DJI GO vista desde el Smartphone
 Imagen tomada de http://store.dji.com/product/phantom-3-standard?from=menu_products

Los datos se albergan en una carpeta que la aplicación crea en los archivos del móvil denominada "FlightRecord". Cada vuelo queda registrado de manera independiente, y constituye la base informativa a ser codificada. Los registros quedan en extensión .txt y se nominan automáticamente con la fecha y hora de ejecución del vuelo.

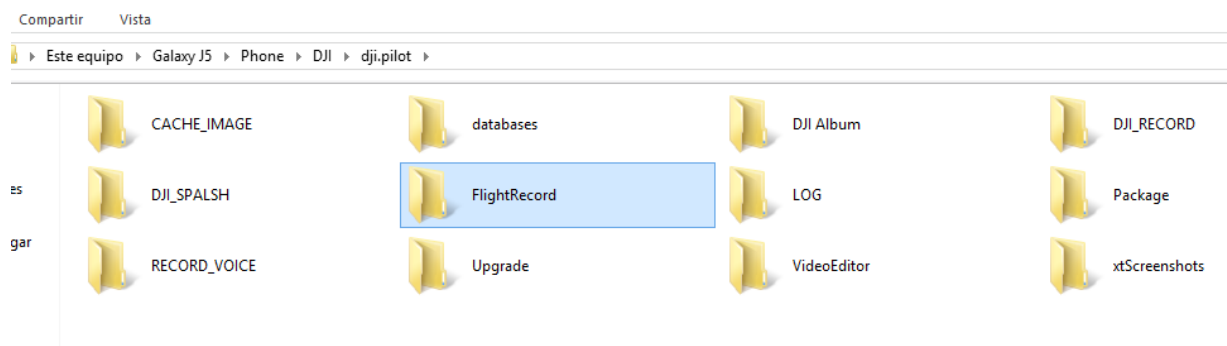


Figura 10. Carpetas creadas por la aplicación dentro del móvil.

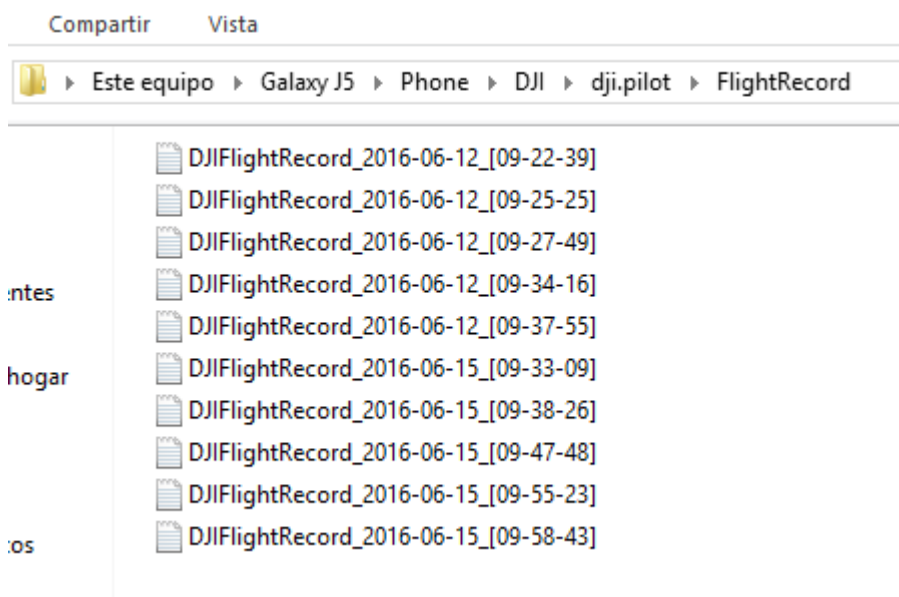


Figura 11. Archivos de vuelo

7.4 DESCRIPCION DEL SOFTWARE

El software diseñado se encuentra desarrollado en JavaScript. La aplicación es online, y se encuentra disponible bajo el siguiente link de acceso:

<http://solid.zyns.com/DronMap/FrmScMapa>

Para hallar las áreas, el sistema de programación utiliza diferentes librerías de la biblioteca *google.maps.geometry*. Entre dichas librerías encontramos la función “computeArea()” la cual toma un conjunto de datos en coordenadas GPS (latitud y longitud) de un área o bucle cerrado, llamado comúnmente polígono. Para el caso particular del proyecto serían las correspondientes al área sobrevolada, para así suministrar las medidas relacionadas en metros o kilómetros cuadrados.

El procedimiento de ejecución del software es el siguiente:

1. Acceder al enlace

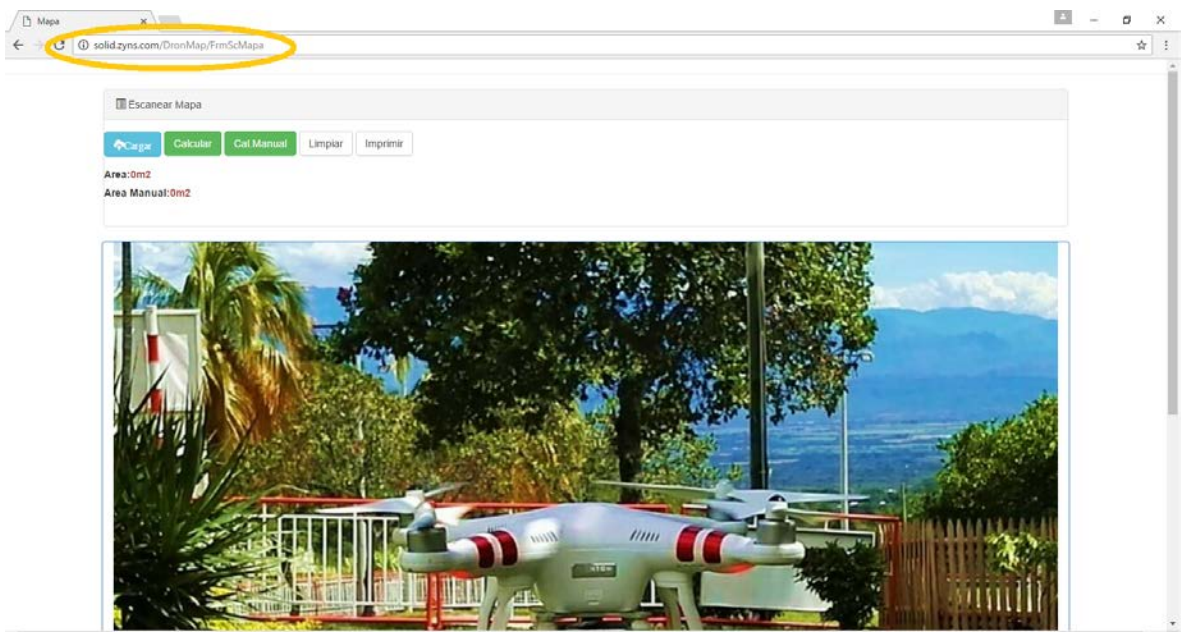


Figura 12. Enlace de acceso software diseñado

2. Se procede a cargar el archivo Excel de la latitud y longitud del vuelo, las cuales se extraen de las coordenadas GPS del sobrevuelo en particular, el cual se obtiene de las carpetas de respaldo de la aplicación de DJI GO, albergadas en el Smartphone. Este archivo se encuentra en extensión .txt y

se convierte a CSV que es un archivo Excel, de donde solo se tomaran las casillas de latitud y longitud. Para ello hacer clic en “cargar”.

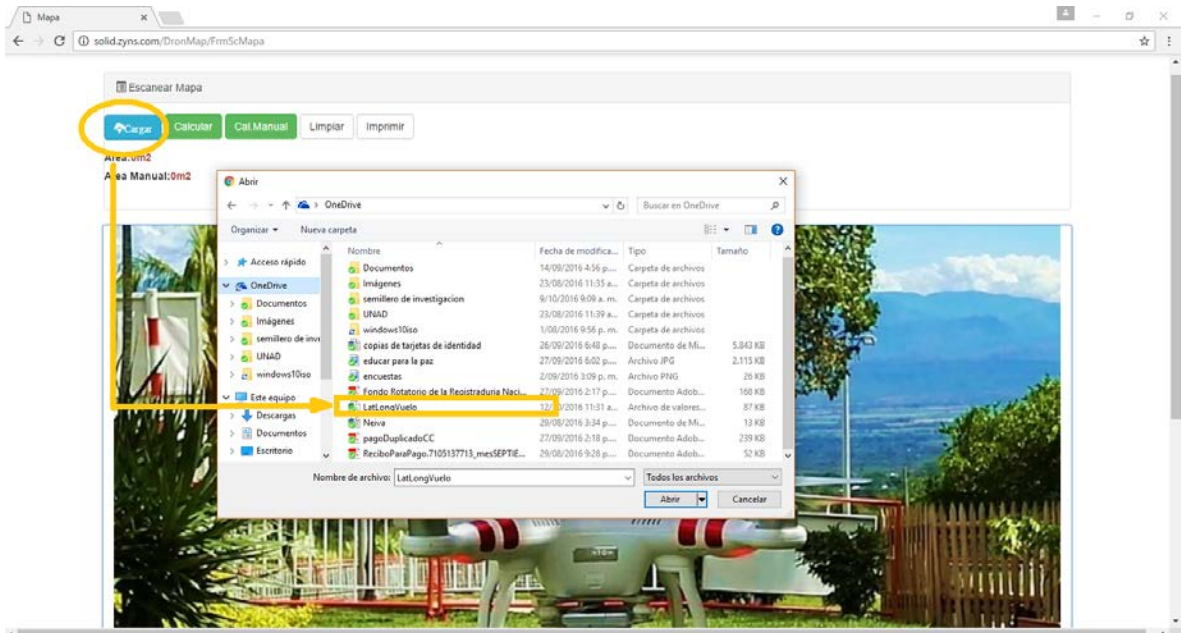


Figura 13. Procedimiento carga de archivos de datos del drone al software diseñado

- Una vez se carga el archivo, la página se actualiza evidenciando la figura del área sobrevolada por el drone y calcula automáticamente el area

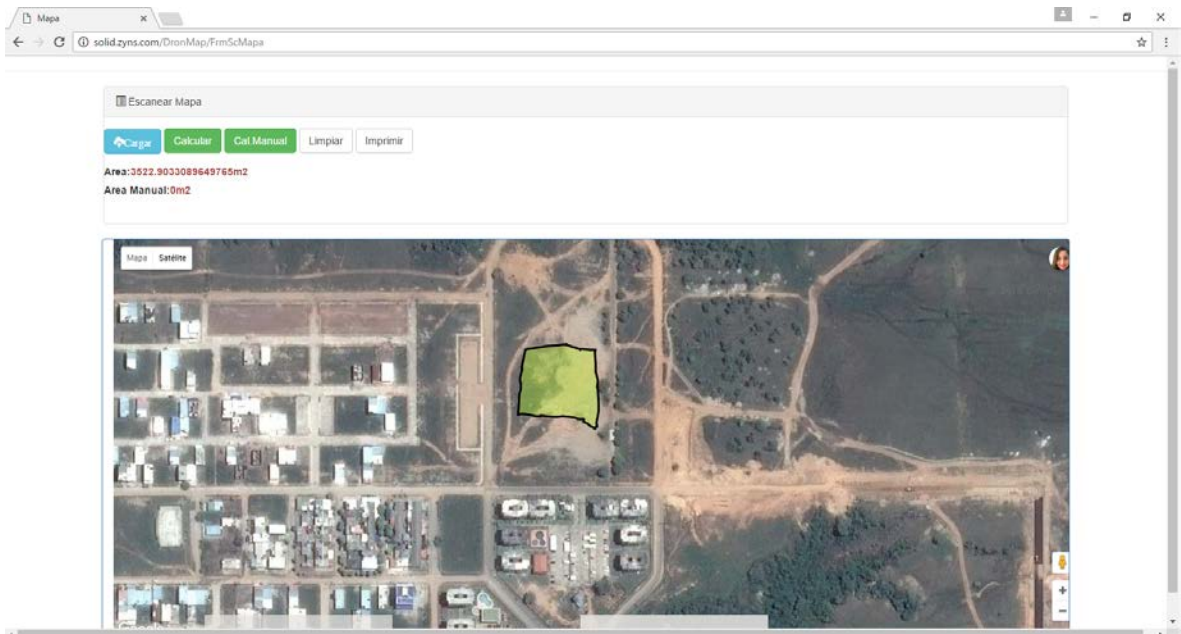


Figura 14. Ejemplo cargar de sobrevuelo de drone

- Posteriormente se colocan los puntos manualmente sobre el área a calcular, para realizar una comparación manual y automática del cálculo del área y se hace clic en “Cal. Manual” Con esto nos arroja el resultado del Área Manual.

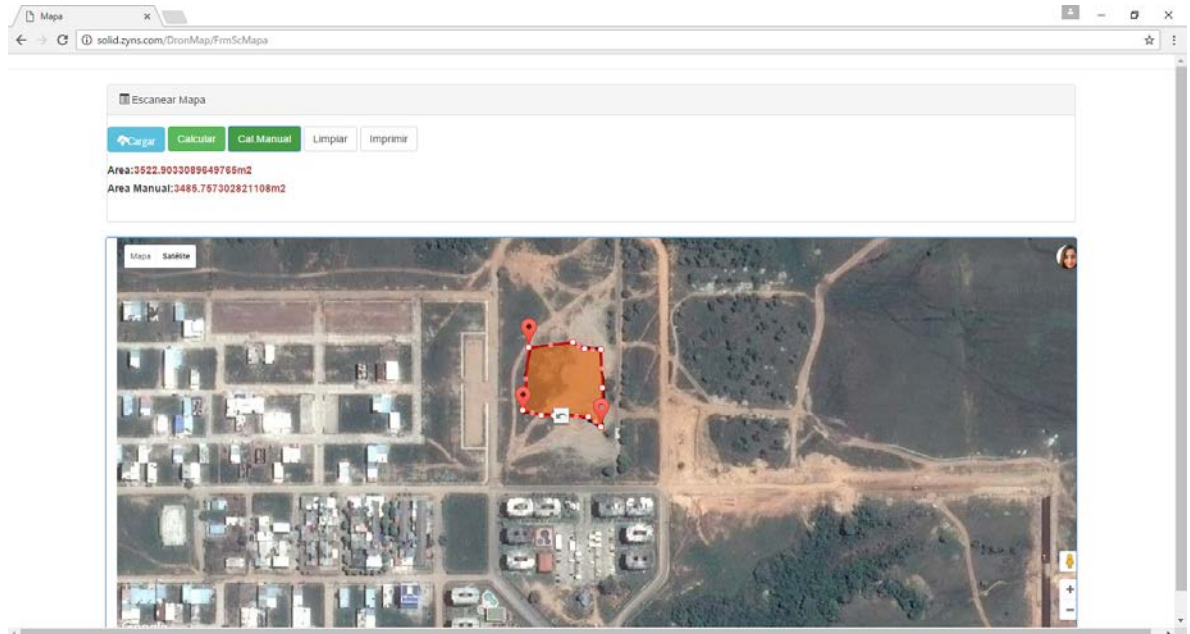


Figura 15. Dibujo o cuadrangulación del área sobrevolada.

- Una vez totalmente dibujada el área automática y manual, se continua con la impresión del área calculada, se puede imprimir las dos áreas sobrepuestas, o se corre el área calculada manual para hacer una comparación entre ellas.

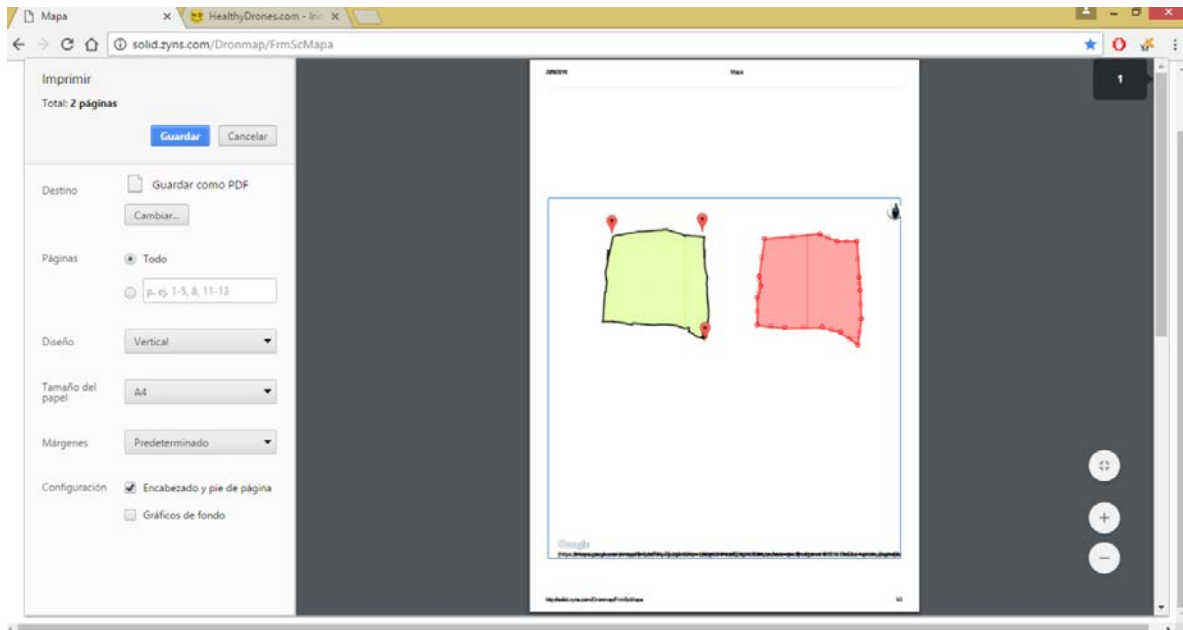


Figura 16. Impresión del área dibujada o sobrevolada por el drone

7.5 REALIZACION DE PRUEBAS

Locación 1.

Locación 1	
Nombre del lugar	Urbanización Viña del Mar
Ubicación	Nororiente de Neiva
Propietario	Sin determinar

Datos de la posición referencial:

- Tiempo de vuelo: 7 min, 23 s

Mapa resultante del área sobrevolada:



Figura 17. Sobrevuelo urbanización Viña del Mar

Cuadrangulación del mapa para toma del área:



Figura 18. Dibujo o cuadrangulación del área sobrevolada – Urbanización Viña del Mar

Área resultante:

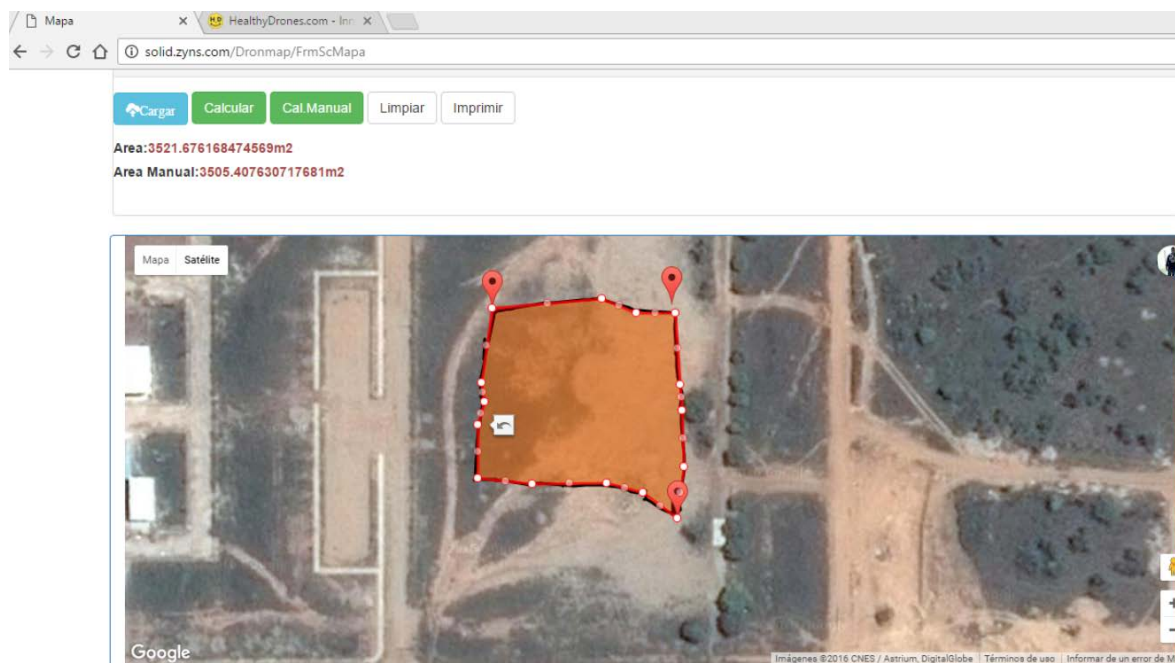


Figura 19. Resultado área sobrevuelo urbanización Viña del Mar

A continuación, se muestran imágenes de la operación del dron en la urbanización Viña del Mar



Figura 20. Vista superior urbanización Viña del Mar



Figura 21. Vista superior-oriente urbanización Viña del Mar



Figura 22. Vista superior-norte urbanización Viña del Mar

Locación 2.

Locación 2	
Nombre del lugar	Parcela Villa Flor
Ubicación	Vereda el Caimán, Neiva, Huila
Propietario	Juan Pablo Soto

Datos de la posición referencial:

- Tiempo de vuelo: 6 min, 09 s

Mapa resultante del área sobrevolada:



Figura 23. Sobrevuelo Parcela Villa Flor

Cuadrangulación del mapa para toma del área:



Figura 24. Dibujo o cuadrangulación área sobre volada Parcela Villa Flor

Área resultante:

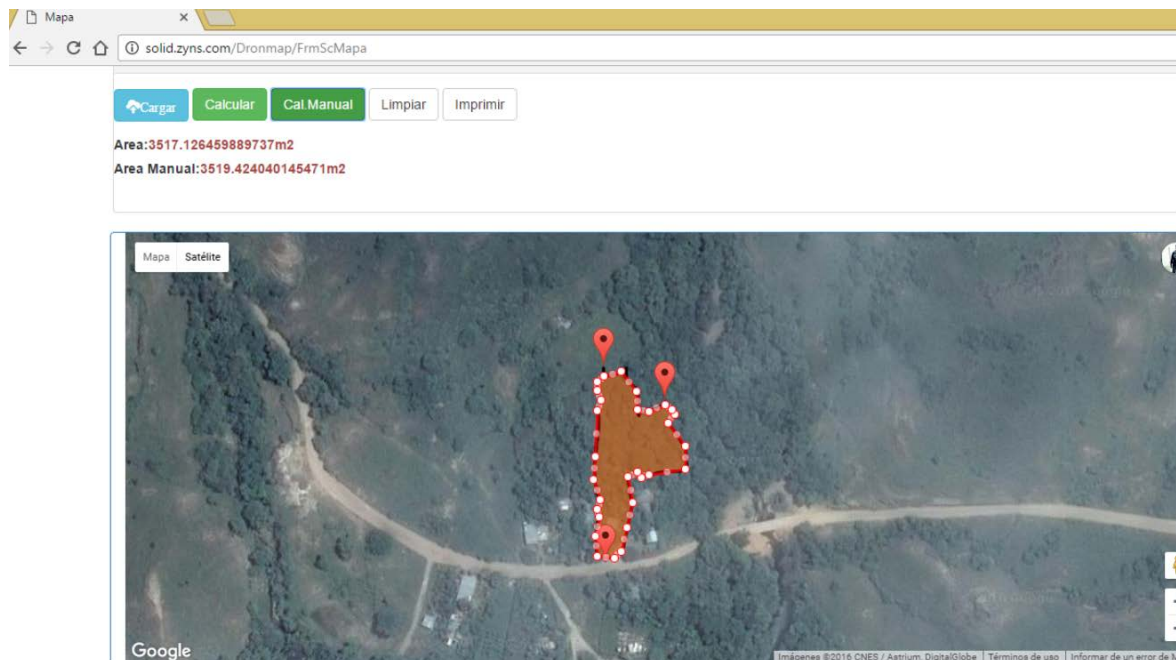


Figura 25. Resultado área sobre volada Parcela Villa Flor

A continuación, se muestran imágenes de la operación del dron en la Parcela Villa Flor.



Figura 26. Operación del dron en la Parcela Villa Flor



Figura 27. Vista superior Parcela Villa Flor

Locación 3.

Locación 3	
Nombre del lugar	Finca Hotel La Cascada
Ubicación	Vereda Mesitas, Municipio de Rivera, Huila.
Propietario	Reservado.

Datos de la posición referencial:

- Tiempo de vuelo: 6 min, 37 s

Mapa resultante del área sobrevolada:



Figura 28. Sobrevuelo Finca Hotel la Cascada

Cuadrangulación del mapa para toma del área:



Figura 29. Dibujo o cuadrangulación Finca Hotel la Cascada

Área resultante:

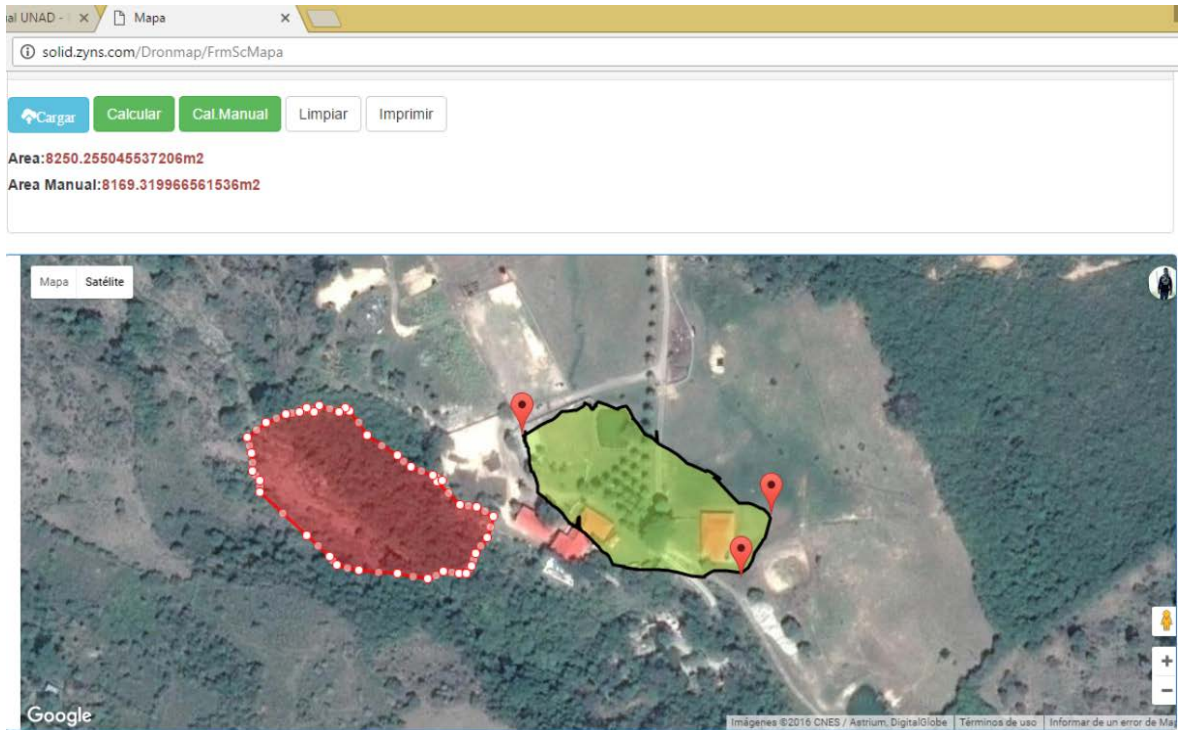


Figura 30. Resultado área sobrevolada Finca Hotel la Cascada

A continuación, se muestran imágenes de la operación del Drone Finca Hotel la Cascada



Figura 31. Operación de Drone Finca Hotel la Cascada



Figura 32. Operación de Drone Finca Hotel la Cascada



Figura 33. Operación de Drone Finca Hotel la Cascada

Locación 4.

Locación 3	
Nombre del lugar	Piscícola Los Rosales
Ubicación	Vereda los Rosales
Propietario	Reservado.

Datos de la posición referencial:

- Tiempo de vuelo: 4 min, 48 s

A continuación, se muestran imágenes de la operación del Drone Piscícola Los Rosales

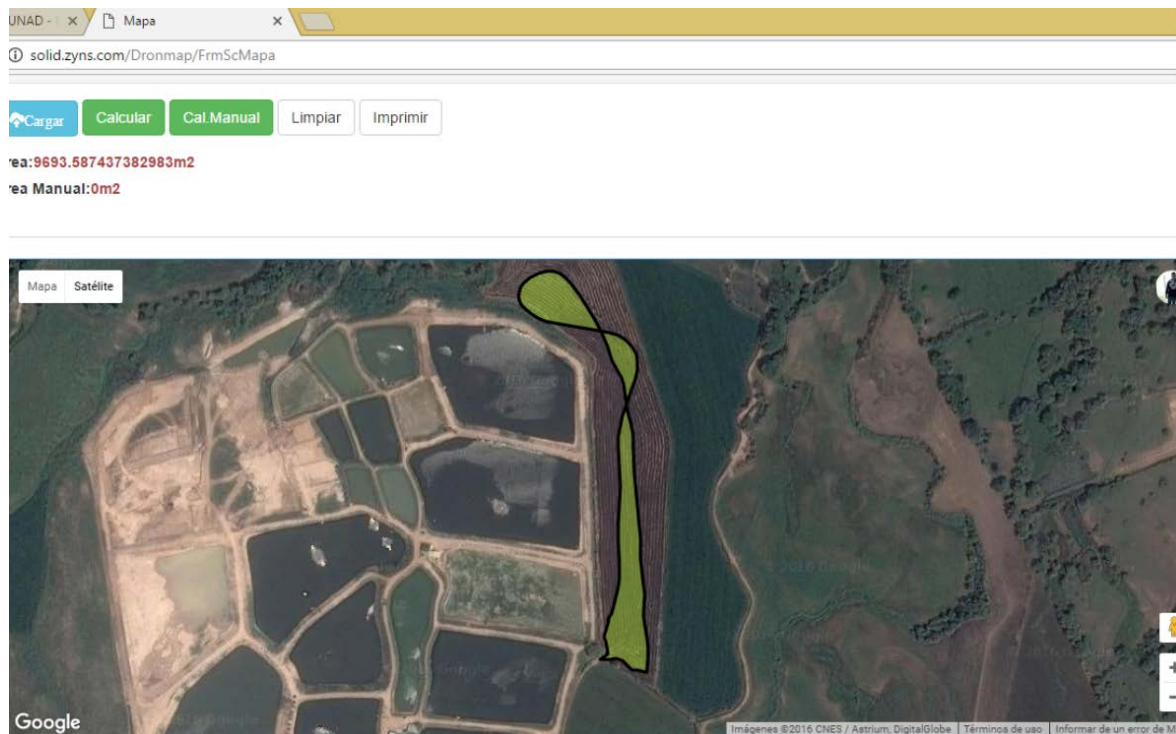


Figura 34. Resultado área sobrevolada Vereda los Rosales



Figura 35. Operación de drone Piscícola Los Rosales



Figura 36. Operación de drone Piscícola Los Rosales

Locación 5.

Locación 3	
Nombre del lugar	Represa de Betania
Ubicación	Municipio de Hobo, Huila.
Propietario	Reservado.

Datos de la posición referencial:

- Tiempo de vuelo: 15 min, 10 s

A continuación, se muestran imágenes de la operación del drone Represa de Betania

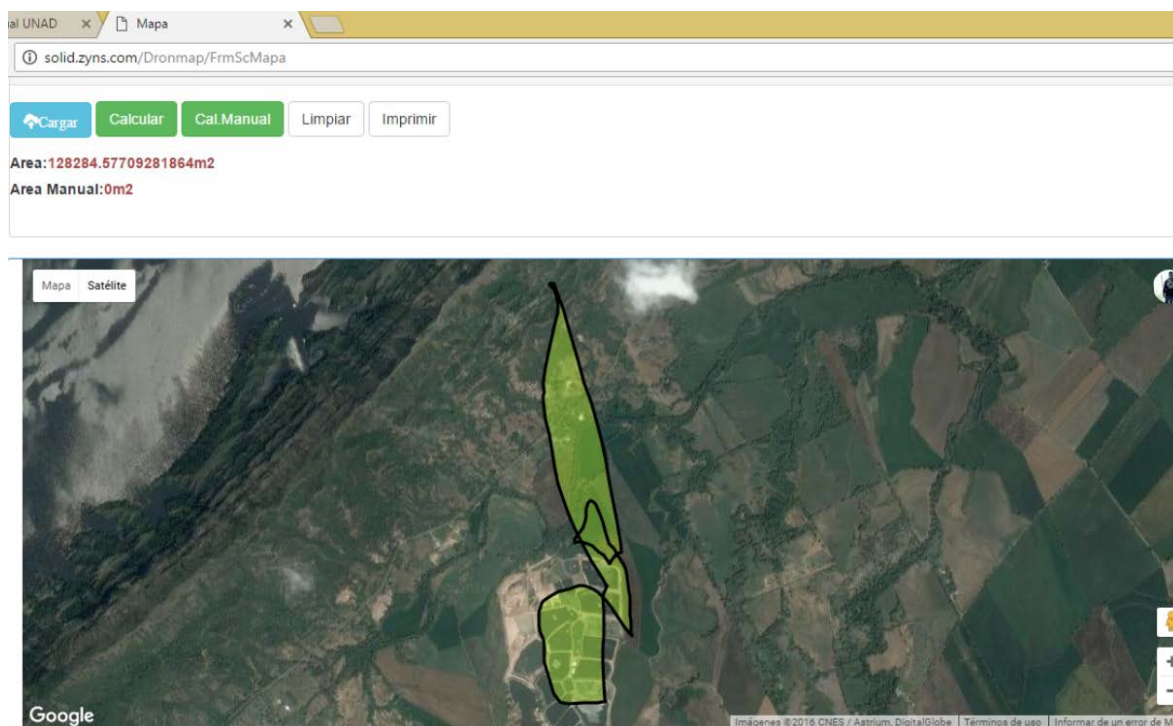


Figura 37. Resultado área sobrevolada Represa Betania



Figura 38. Resultado área sobrevolada Represa Betania



Figura 39. Resultado área sobrevolada Represa Betania

8. ANALISIS DE RESULTADOS

Para obtener resultados certeros en mediciones de áreas haciendo uso del Drone y el software diseñado, es necesario que el Drone delimite de manera estable y precisa el área a analizar, ya que el software utiliza las coordenadas GPS del sobre vuelo y cualquier sobre vuelo fuera del área a medir influye considerablemente en los resultados. Adicional a lo anterior, cuando el terreno es quebrado es necesario que se hagan diferentes sobrevuelos, dividiendo el área en pequeños segmentos, con el fin de obtener la mayor exactitud posible.

Al comparar los resultados con aplicaciones existentes en la web, incluyendo google Maps, se puede analizar que los resultados son muy similares y dependen solamente del dibujo o trazado que se realiza, ya que las librerías que utilizan los programas para calcular las áreas generalmente se basan en las de google.

Durante la ejecución de un proyecto son numerosas las variables no consideradas que de un momento a otro pueden surgir; estos eventos inesperados pueden por un lado estimular, y por el otro poner en riesgo la resolución de los objetivos previamente propuestos.

Desde el punto de vista técnico las siguientes fueron las bondades encontradas en el desempeño del Drone, y que fortalecieron el trabajo con él desarrollado.

- **Estabilidad de la cámara, y fiabilidad de las imágenes;** Sin importar las condiciones del clima, la cámara siempre registró imágenes precisas y con alta resolución. Estas condiciones fueron constantes en la ejecución de los sobrevuelos.
- **Precisión en los registros de sobrevuelo.** Los datos obtenidos fueron proporcionados y casi que exactos en relación a las áreas consideradas.
- **Confiability en la recuperación del equipo una vez fuera del alcance de la señal de control.** El equipo una vez perdido tiene la facultad de regresar al punto referencial de inicio de vuelo, por lo tanto, es muy difícil que caiga violentamente desde la altura en que se encuentre. Este regreso automático va condicionado no solo a la no detección de la señal, también al nivel de carga de la batería.
- **Variedad de datos registrados con el vuelo.** Entre los datos que se podían obtener gracias a la ejecución de la aplicación DJI GO se tenían: tiempo de vuelo, altura sobre el nivel del mar, nivel de carga de la batería, registro de alcance en relación al control de mando.

Por otro lado, los inconvenientes presentados en el momento en el que el Drone se encontraba en acción fueron:

Duración de la batería. La batería únicamente tiene un tiempo de vuelo de aproximadamente 25 minutos, y si a esto le aunamos que nos encontremos en una región donde no exista fluido eléctrico, el éxito de la prueba se limita. Cargar la batería dura cerca de una hora, y obtener una de respaldo representa un valor muy elevado.

Alcance de la señal. La aeronave tiene un sistema de protección que la hace regresar a su punto de origen una vez se pierda la señal con el control. Esto sucede por cuestiones ambientales, o porque la disposición satelital no sea la adecuada. En ese caso, si el clima no es el favorable, el alcance de vuelo del Drone será restringido a menos que el operador se mueva con él.

9. CONCLUSIONES

- Una de las aplicaciones que se alcanzó con el dron, fue el monitoreo en tiempo real de plantaciones de frutales de la “Parcela Villa Flor”, ubicada en la Vereda el Caimán, municipio de Neiva (Huila). A partir de la observación el propietario identificó algunas zonas para resiembra, adecuación de surcos, adecuación de linderos, entre otras características. Con lo anterior, se puede demostrar el beneficio del uso de la tecnología en especial de los “drones” en la agricultura a pequeña y mediana escala.
- Se diseñó un software para la obtención de áreas aproximadas utilizando el lenguaje de programación JavaScript. El software permitió, la medición de varias zonas, algunas de difícil acceso.
- La fiabilidad de los resultados obtenidos, depende en gran parte de los datos adquiridos, es decir, la latitud y longitud (coordenadas GPS) que procesa el software diseñado, ya que si se pueden incurrir en resultados erróneos si el sobrevuelo no concuerda con el área a medir.
- En los diferentes sobrevuelos realizados y a partir de los videos obtenidos por el dron, algunos de los propietarios examinaron áreas con el fin de establecer posibles zonas de siembra, de forestación y futuros proyectos agropecuarios.

10. BIBLIOGRAFIA

DRONES PARA AGRICULTURA, TOPOGRAFÍA E INGENIERÍA CIVIL. Disponible en internet: <http://www.vyaweb.com/drones-para-agricultura-topografia-e-ingenieria-civil/>. [Citado en 26 de julio de 2015].

Drones utilizados en la nueva cartografía desarrollada en Colombia. Disponible en Internet: <http://mundogeo.com/es/blog/2014/09/11/drones-son-utilizados-en-la-nueva-cartografia-desarrollada-en-colombia/>. [Citado en 6 de mayo de 2015].

Drones, un aliado de precisión para el campo. Disponible en internet <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=23636> [Citado en 19 de septiembre de 2014].

González, J.A. y Cotos Yáñez (2005): “Infraestructuras de datos espaciales: la iniciativa europea INSPIRE y ejemplo de su aplicación” *Sistemas de información medioambiental* Ed. Netbiblo. Taboada

INTELLIGELLIA DYNAMICS, Aplicaciones y usos de los Drones o UAV. Disponible en Internet: http://www.iuavs.com/pages/aplicaciones_y_usos. [Citado en 6 de mayo de 2015].

Chartuni, E.; Carvalho, F.A.; Marcal, D.; Ruz, E. (2007). Agricultura de precisión: Nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuaria. COMUNIICA. Edición No 1, II etapa, enero-abril, 2007

Bongiovanni, R.; Chartuni, E; Best, S.; Roel, A. (2006). Agricultura de precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agroalimentario y agroindustrial del Cono Sur. IICA

La tecnología llega al cielo. Disponible en Internet: http://www.ieco.clarin.com/afterwork/Drones_0_1232277286.html. [Citado en 6 de mayo de 2015].

Longley, P.A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D.J.; and Rhind, D.W. (2001) *Geographic Information Systems and Science* John Wiley & sons 454 pp.

Los Drones como herramienta de monitoreo. Disponible en internet: <http://www.lahoradelmate.com/noticias/general/item/los-drones-como-herramientas-para-el-monitoreo>. [Citado en 26 de julio de 2015].

Openshaw, S. (1991) A view on the GIS crisis in geography *Environment and Planning A* 23, 621-628

Orozco L. y Brumer C. (2002). INVENTARIOS FORESTALES PARA BOSQUES LATIFOLIADOS EN AMÉRICA CENTRAL. CATIE Turrialba, Costa Rica

Reglamentación Aero Civil. Disponible en internet:
<http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rrglamentacion/CINAeronauticas/Biblioteca%20Conceptos%20Interpretativos/AEREOS%20NO%20TRIPULADOS-UAVS-OPERACION.pdf>. [Citado en 25 de julio de 2015].

Saez Paredes D. y Beltran Noguera A. Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Capítulo 5. Madrid, 2015

Sistema Topodron: Obra civil, Topografía y Cartografía. Disponible en internet:
<http://www.atyges.es/drones/sistemas/5/sistema-topodron-obra-civil-topografia-y-cartografia>. [Citado en 26 de julio de 2015].

TYS MAGAZINE, La revolución de los drones en el uso civil (sector privado). Disponible en Internet: <http://www.tysmagazine.com/la-revolucion-de-los-drones-en-el-uso-civil-sector-privado/>. [Citado en 6 de mayo de 2015].

11. ANEXOS

ANEXO 1.

Circular reglamentaria No. 002 requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS. Numeral 4.25.8.2

Circular reglamentaria No. 002 requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS. Numeral 4.25.8.2

El Director de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, en uso de sus facultades legales, en especial las que le confieren los artículos 1.782, 1.790 y 1.801 del Código de Comercio, y los artículos 5º numerales 5 y 10, y 8º numeral 3 del Decreto 2724 de 1993.

RESUELVE:

Artículo 1º Adiciónanse y modifícanse los siguientes numerales a la Parte Cuarta de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, así: CAPITULO XXV

Aviación Deportiva y Recreativa

4.25. NORMAS PARA LAS ACTIVIDADES AEREAS DEPORTIVAS Y RECREATIVAS

En los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia –RAC, no existe ninguna prohibición o impedimento para la realización de labores de fotografía aérea con vehículos aéreos no tripulados, (UAV) siempre y cuando se respeten las limitaciones allí contenidas.

En efecto, el numeral 4.258.2, de los citados reglamentos, preceptúa:

“Otras operaciones. La operación de cualquier otro equipo de vuelo no tripulado radiocontrolado, con fines no deportivos, tales como teledetección, fotografía, o

televisión, estará sometida a las condiciones anteriores; salvo permiso especial de la Dirección de Operaciones Aéreas.”

Las “condiciones anteriores” aludidas en esta norma, son las señaladas en el numeral 4.25.8, que le precede, el cual dispone:

4.25.8. AEROMODELISMO

Los aeromodelos, no son considerados aeronaves, y en consecuencia no están, de manera general, sometidos a las disposiciones aeronáuticas; no obstante, para la ocupación del espacio aéreo por parte de tales artefactos, sus operadores deberán tomar en cuenta las siguientes limitaciones:

- a) No se podrá volar aeromodelos sobre áreas ni edificaciones o directamente sobre público o aglomeraciones de personas.
- b) No podrán volarse aeromodelos, de ningún otro modo que se pueda crear un riesgo para las personas o propiedades en la superficie; particularmente cuando el viento fuerte o cualquier otro factor meteorológico, así como desperfectos mecánicos del aparato o del equipo de control, o falta de pericia del operador puedan ocasionar que se pierda el control total sobre el mismo.
- c) El peso máximo permitido para cualquier aeromodelo será de 25 Kg. No deberán volarse en el espacio aéreo colombiano aparatos con peso superior, a menos que se informe sobre su existencia y propietario a la Dirección de Operaciones Aéreas y este cuente con un seguro de responsabilidad por eventuales daños a terceros.
- d) No podrán utilizarse hélices metálicas de ningún tipo.
- e) Ningún aeromodelo podrá portar pesos útiles, diferentes a los elementos habitualmente requeridos para la práctica de ese deporte.
- f) Ningún Aeromodelo será volado desde un aeropuerto real o en sus proximidades dentro de un radio de 5 Km. a la redonda, a menos que exista un permiso especial de la Dirección de Operaciones Aéreas de la UAEAC.
- g) Ningún aeromodelo será volado a una altura superior a 500 pies sobre el terreno.
- h) No deberá volarse ningún aeromodelo de modo que se aleje más de 750 metros de distancia del aeromodelista que lo opera ni del lugar de su lanzamiento o despegue.

i) Ningún aeromodelo será volado de modo que no exista o se pierda el contacto visual con quién lo opera. No deberán efectuarse tales operaciones cuando la visibilidad o las condiciones de luz solar se reduzcan de modo tal que se impida dicho contacto visual.

Como puede apreciarse, las normas en cuestión luego de considerar que los aeromodelos empleados con fines deportivos o recreativos no son aeronaves, les señalan una serie de limitaciones para permitirles utilizar el espacio aéreo y luego se extienden a cualquier otro aparato radio controlado no tripulado que también ocupe el espacio aéreo con otros fines no deportivos como le es la fotografía aérea con UAV, admitiendo sus operaciones siempre que se sometan a esas mismas limitaciones.

Conforme a lo anterior, las labores de fotografía aérea con aparatos no tripulados, están permitidas sin necesidad de autorización especial siempre y cuando se respeten las limitaciones dadas; de tal suerte que, si la operación propuesta por esa empresa se ajusta a ellas, pueden ser desarrolladas sin ningún impedimento y sin necesidad de requerir una autorización especial por parte de la autoridad aeronáutica.

Cordialmente,

EDGAR B. RIVERA FLOREZ

Jefe Normas Aeronáuticas.

ANEXO 2.

APARTES DEL SOFTWARE DE PROGRAMACION

```

var estado = false;///
var map, linea,puntoVuelo,triangulo,lineaMapa;
var marcador = [], x = 0, numeroClik = 0, puntosArea = [],gupoTriangulo=[],nTriangulo=0;
//--inicializar mapa
function initMap() { //Funcion para Inicializar el mapa
  var coordenada = [];
  coordenada[0] = { lat: 2.9628903, lng: -75.28554470000002 };//ubicacion por defecto d
  var linea = document.getElementById("txtImportarMovimiento").value.split("\n");//obje

  for (var i = 0; i <=0; i++) {
    if (linea[0] != "") {
      var dato = linea[0].split(";");
      coordenada[0] = { lat: parseFloat(dato[0]), lng: parseFloat(dato[1]) };
    }
  }

  map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), { //Intanciar el objeto de m
    zoom: 18, //tamaño del mapa
    center: coordenada[0], //center: { lat: 2.94901548307185, lng: -75.259005689843 }, /
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.SATELLITE //tipo de mapa
  });
  map.setTilt(45);

  //EVENTO CLICK
  map.addListener('click', function (e) { //propiedad para que en el mapa se pueda dar c
    click(e.latLng, map);
  });

```

```

function hallarArea();//Hallar el area
{
  if (!estado) {

    var coor = [];
    var linea = document.getElementById("txtImportarMovimiento").value.split("\n");//objeto que conti
    var x = 0;
    var nTriangulo = 0;
    var area = 0;
    linea.forEach(function (i) {
      if (i != "") {

        var dato = i.split(";");

        coor.push(new google.maps.LatLng(parseFloat(dato[0]), parseFloat(dato[1])));//se crea un
        x++;
        nTriangulo++;

        if (nTriangulo == 3) {

          area += google.maps.geometry.spherical.computeArea([coor[0], coor[1], coor[2]]); //la
          nTriangulo = 0;
          coor = [];

        }

      }

    });
    document.getElementById("lblArea").innerHTML = area;
    estado = true;
  }
}

```

```
function click(latLng, map) { //funcion que se ejecuta al dar click en el mapa

  if (estado) {
    document.getElementById("lblArea").innerHTML = "0";
    estado = false;
  }

  var path = lineaMapa.getPath();
  path.push(latLng);
  puntosArea[numeroClik] = latLng;
  numeroClik++;
  if (numeroClik == 3) { //calcular area manual al crear 3 puntos en el mapa

    var area = google.maps.geometry.spherical.computeArea([puntosArea[0], puntosArea[1], puntosArea[2]]); //f
    var valortxt = document.getElementById("lblArea").innerHTML;
    document.getElementById("lblArea").innerHTML = parseFloat(area) + parseFloat(valortxt);
    //-----
    triangulo = new google.maps.Polygon({ //Dibujar el traingulo
      paths: puntosArea, // puntos que se tomaron en el mapa al dar click
      strokeColor: '#FF0000', //color
      strokeOpacity: 0.8, //Matiz
      strokeWeight: 3,
      fillColor: '#FF0000', //color
      fillOpacity: 0.35
    });
    triangulo.setMap(map); //se grega el trainguo al mapa para que aparesca

    gupoTriangulo[nTriangulo] = triangulo;
    nTriangulo++;
    //-----
    puntosArea=[];
    numeroClik=0;
    lineaMapa.setMap(null);
  } //calcular area

  var marker = new google.maps.Marker({ //funcion que agrega los marcadores en el mapa
    position: latLng, //coordenada del marcador en el mapa
    map: map
  });
  marcador[x] = marker;
  x++;
  map.panTo(latLng);
}
```