

# Sumario Proyecto CATIE-FunCR FASE II

Pruebas en sitio de drones y escáner de diámetros y áreas basales

Tomás de Camino Beck, Ph.D.

## **Sobre este Sumario**

Este documento describe el trabajo realizado por el equipo de la Fundación Costa Rica para la Innovación, en la visita a campo realizada el 20 y 21 de setiembre. Este documento sirve de base para mantener registro de lo trabajado, y determinar las acciones a tomar en el desarrollo de los prototipos construidos. Aunque se realizó un análisis preliminar de los datos, el objetivo de esta fase de proyecto no era el análisis de datos, sino solamente explorara la posibilidad de extraer información relevante con los sensores propuestos

## **Descripción de Actividades**

El Viernes 21 y Sábado 22 se viajó a la sede de CATIE en turrialba. En el viaje participaron el Dr. Tomás de Camino, investigador principal, el Dr. Ronnie de Camino, asesor de la Fundación Costa Rica para la Innovación, y Abraham Pineda, experto en drones. De parte del CATIE, participaron Geoffrey Venegas, Juan Jose Serrano y Mariajosé Esquivel, además de algunas personas adicionales de apoyo.

Para el viaje el equipo preparó dos drones de ala fija, adaptaciones para incorporar sensores varios y un LIDAR a el Dron DJI, y un escáner LIDAR con motor rotatorio.

El Viernes en la mañana surgieron varios problemas con el equipo, y se tuvo que reparar algunos aspectos de hardware (cables que no estaba funcionando), y de software (reprogramación de algunos sensores). Una vez reparado los errores, el equipo se dividió en dos grupos: uno para trabajar con el escáner, y el segundo para volar el dron DJI sobre el bosque.

El grupo de escáner trabajó en la subparcela 31, utilizando el escáner LIDAR por 10 minutos, luego procedió a medir la distancia, puntos cardinales y número registrado de árbol, de los árboles de más de 15 cm de diámetros. Se repitió el procedimiento a una

distancia de 3 metros del punto original, para tener otro ángulo de visibilidad de árboles. Los datos se registraron de manera digital y escrita.

## Zona de Muestreo

En la figura XX se puede observar la zona muestreada. Un bosque secundario con varias parcelas permanentes. La parcela permanente donde se utilizó el escáner LIDAR se muestra en amarillo. Se seleccionó este bosque por la facilidad de acceso, y para asegurar



Figura 1. Zona de experimentación. En amarillo se muestra la parcela utilizada para probar el escáner

que en caso de cualquier accidente los drones se puedan recuperar.

El escanéo con Lidar se seleccionó para poder hacer las comparaciones con las medidas de diámetro exactas realizadas en la parcela.

Adicionalmente se realizaron los vuelos con 2 drones de ala fija en el campo principal del CATIE. Esta área facilita realizar vuelos controlados de drones, y permitió validar varios aspectos de diseño de los drones de ala fija.

## Vuelos con Dron DJI + LIDAR

Se realizaron en total 10 vuelos con el dron DJI al cual se le conectaron un sensor de presión barométrica, para medir altura, y el LIDAR para medir distancia del dron al suelo. La figura 2 muestra dos de los vuelos por encima del área boscosa.

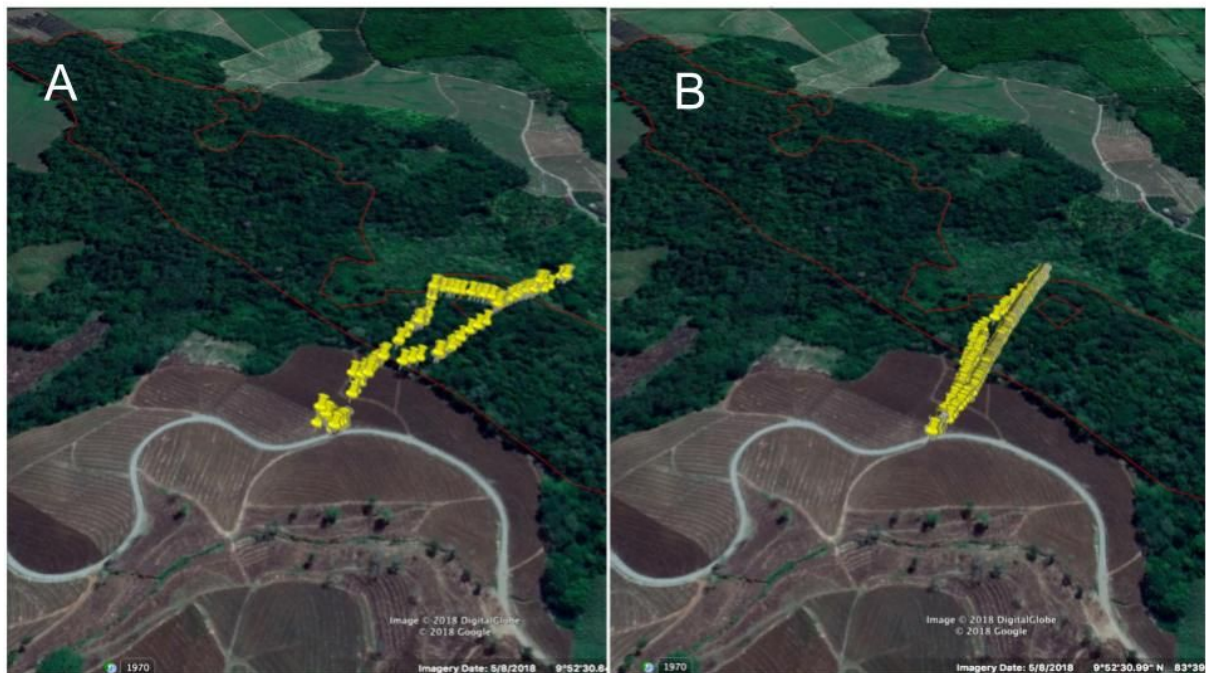


Figura 2. Vuelos de Dron DJI con LIDAR. Los puntos amarillos muestran el recorrido desde el punto de despegue (en el camino). Se realizaron en total 10 vuelos, se muestran los más representativos

Los datos recogidos por el Dron se almacenaron en una tarjeta SD. Cada archivo contiene entre 5 mil y 40 mil puntos. Para el análisis de los puntos generados por el Dron, se utilizó Wolfram Mathematica. Se depuraron los datos removiendo información que contenía 0s o duplicaciones, o datos donde el lidar, o el GPS no pudo hacer lectura.

En la Figura 3 se muestran las distancias del dron al dosel del bosque. Los puntos cercanos a 0, son valores donde el dron no pudo obtener la lectura del LIDAR. También se puede observar que la velocidad del dron debe ser baja, para que el lidar pueda hacer la lectura correcta.

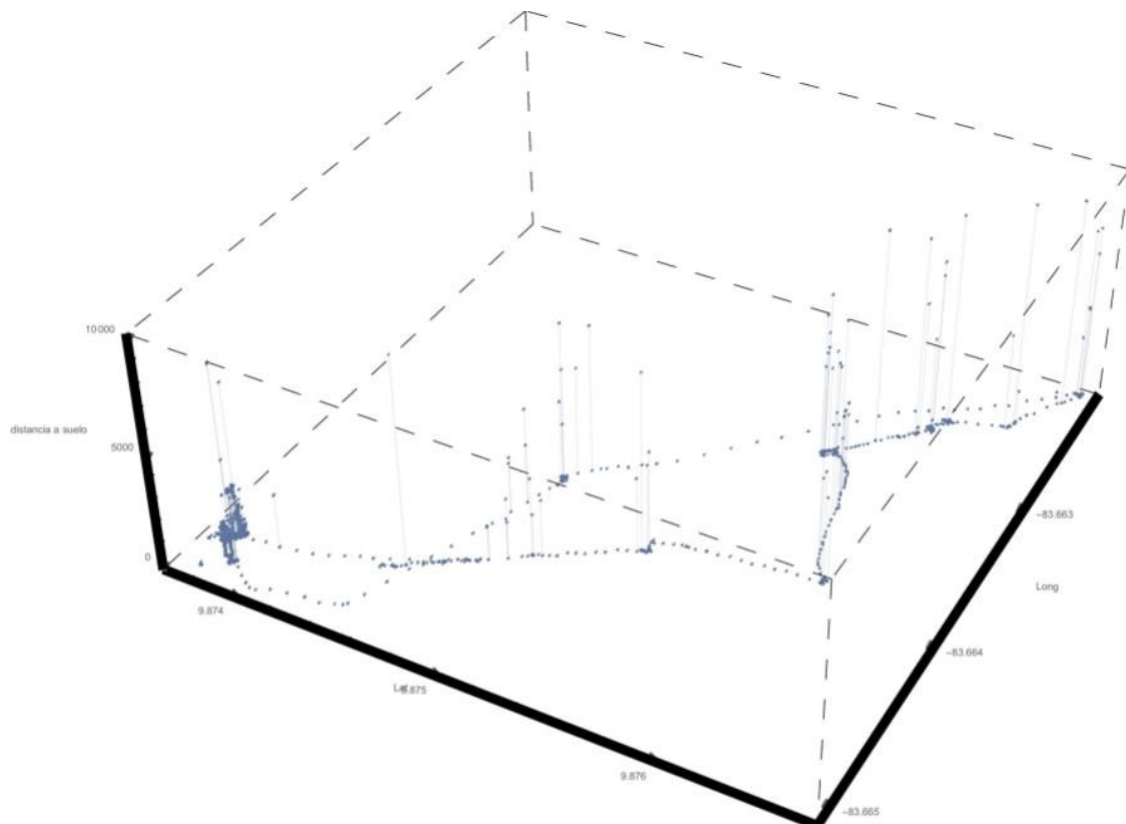


Figura 3. Vuelo sobre cobertura boscosa. El eje x y y son las coordenadas geográficas. La altura representa la distancia de el LIDAR al suelo. (Ver figura 2A)

En la figura 4 se muestran los datos obtenidos en el segundo vuelo realizado. En este vuelo se intentó cruzar el bosque de un lado a otro para analizar los datos y ver si era posible realizar un perfil de altura del bosque.

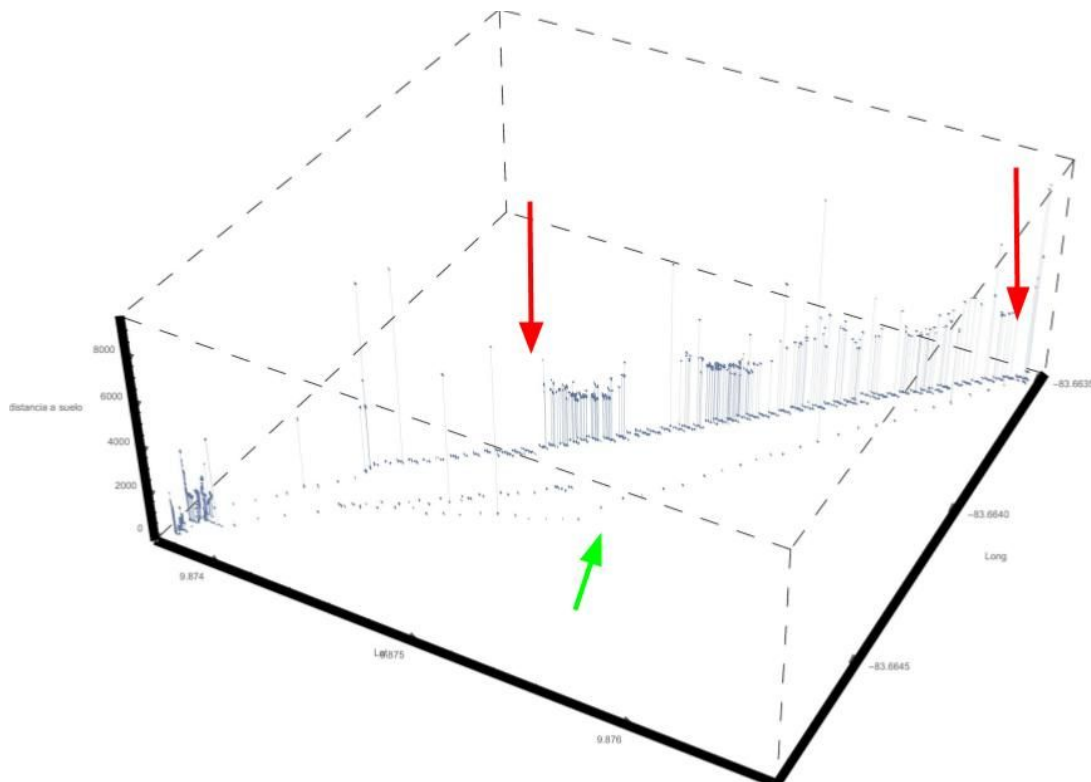


Figura 4. Vuelo sobre cobertura boscosa. El eje x y y son las coordenadas geográficas. La altura representa la distancia de el LIDAR al suelo. (Ver figura 2B). Las flechas rojas indican el inicio y final del bosque. La flecha verde indica lugares donde el dron voló muy rápido y no se obtuvieron lectras del LIDAR

### Resultados principales

- Es posible obtener el promedio y variabilidad de altura de un bosque secundario mediante vuelos de dron
- La facilidad de vuelo y escaneo permite un análisis rápido y frecuente de cambios en la estructura vertical del bosque
- La autonomía de vuelo del dron (6 km o 25 minutos) permite volar una superficie como la del bosquecito probado (el total para hacer un recorrido anda entre los 2km y los 4km)

### Cosas por mejorar

- Se debe mejorar el “andamio” para el LIDAR del dron, pues inicialmente, debido a su cercanía con el sensor ultrasónico, el dron tuvo dificultades para poder ser controlado.
- Explorara la posibilidad de que el LIDAR gire
- Determinar los planes y velocidades de vuelo para hacer muestreos



- Se debe encontrar una referencia para la altura del dosel para comparar luego con los datos del LIDAR.
- Falta análisis exhaustivo de los datos

## Escáner LIDAR

Para las pruebas, se construyó un escáner con LIDAR con motor giratorio de 270 revoluciones por minuto como se observa en la figura 5.

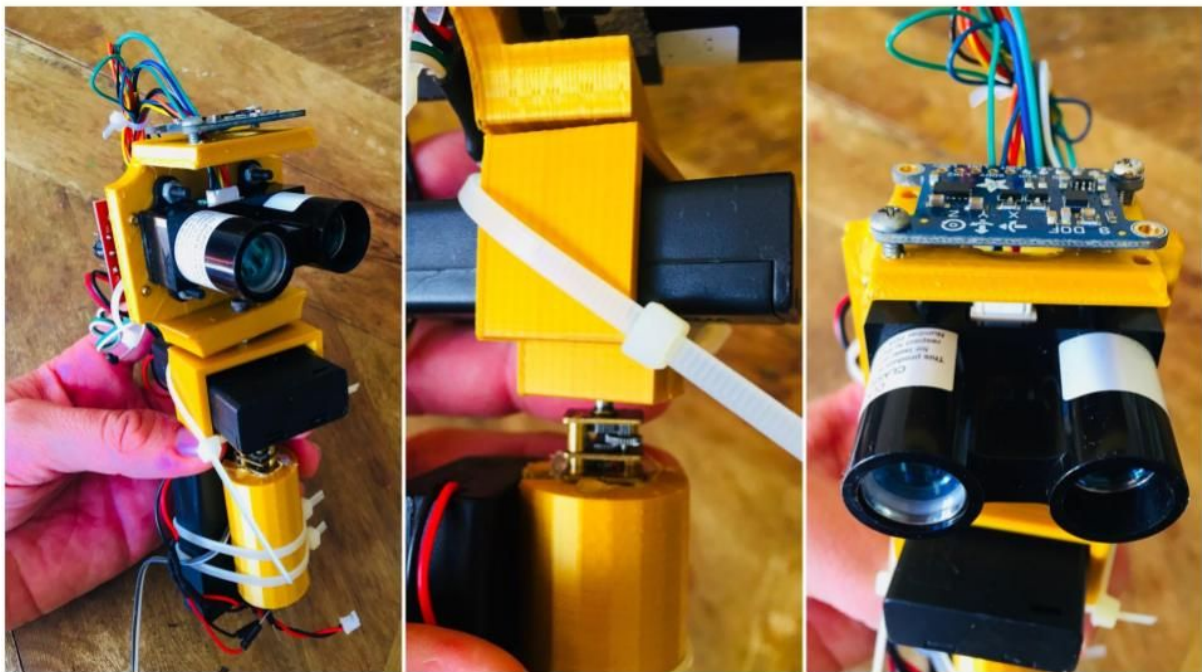


Figura 5. Prototipo II del escáner LIDAR para diámetros y áreas basales.

Se realizaron dos muestras con el escáner LIDAR. Para el muestreo se utilizó un trípode con el LIDAR a 1,30 metros del suelo, y se escanéo por 10 minutos (el escáner toma datos cada 10 milisegundos). Se recogieron los datos con una computadora. Un total de 40 mil puntos fueron registrados. Cada registro contaba con información de punto cardinal (grados con respecto al Norte), y distancia a los árboles.

Una vez hecho el escaneo se procedió a tomar la distancia a los árboles más cercanos (menor a 20 metros), y de diámetros mayores a 15 cm (ver figura 6)

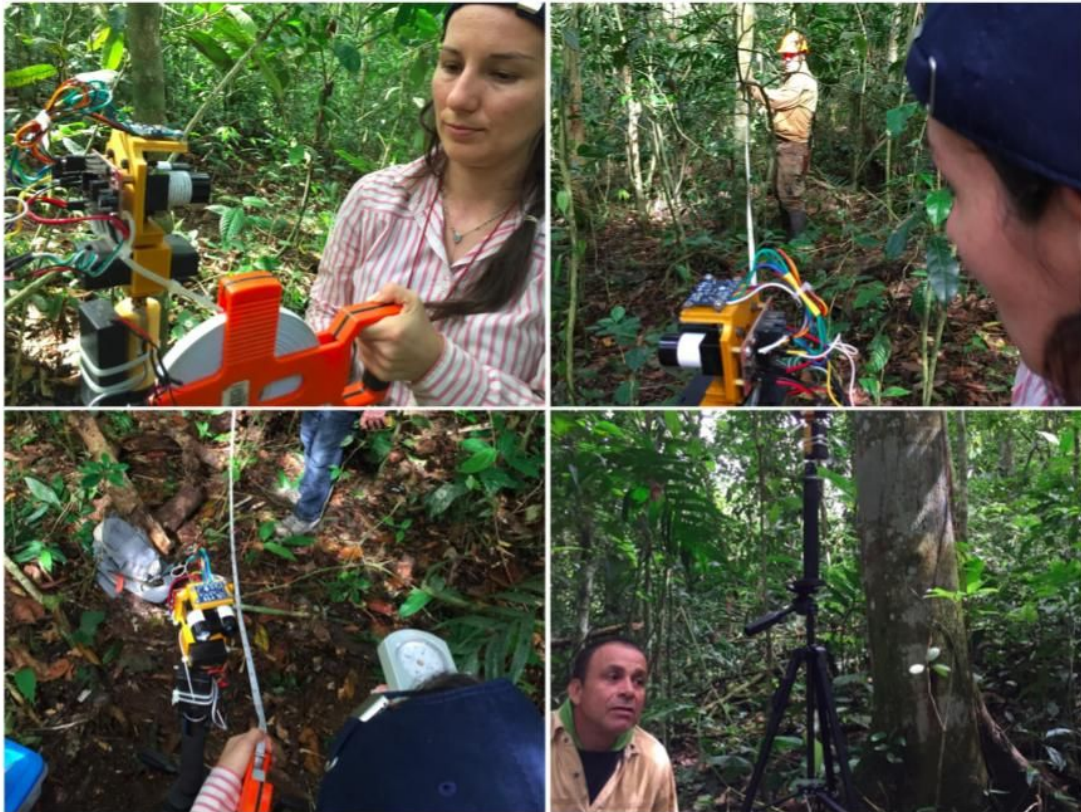


Figura 6. Muestreo de datos con escáner LIDAR.

Los datos fueron analizados con Wolfram Mathematica. Se aplicó una metodología de clustering con uso de aprendizaje no supervisado con redes neuronales, para extraer posiciones de árboles con la nube de puntos. La figura 7 muestra los resultados preliminares de las pruebas realizadas.

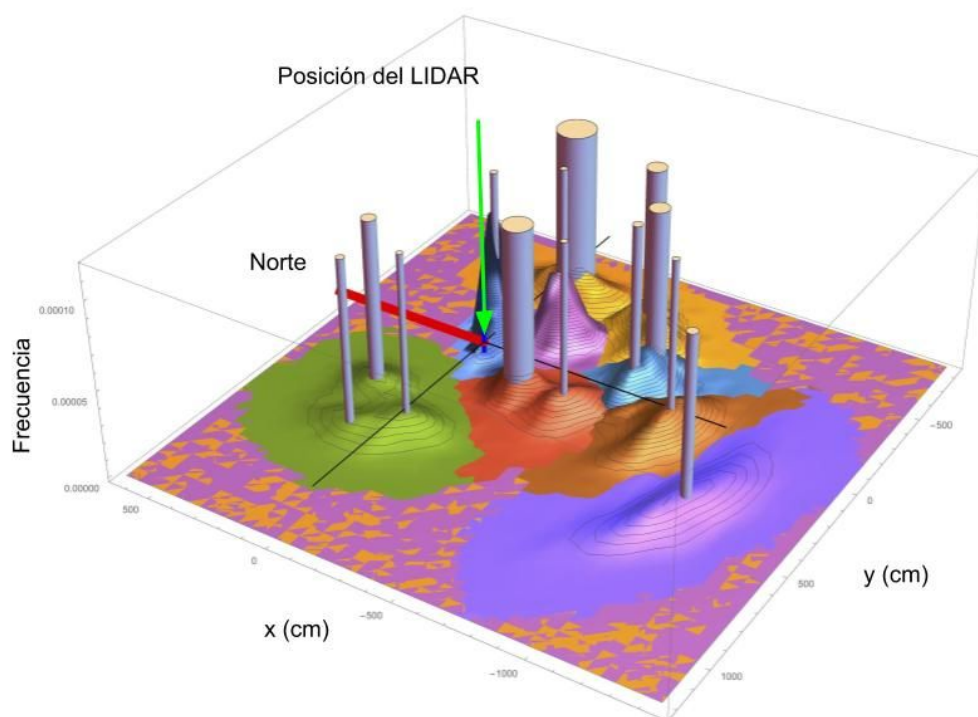


Figura 7. Resultados de análisis de nube de puntos. Los colores muestran la frecuencia de puntos a una determinada distancia del LIDAR. Los colores marcan las áreas determinadas por el clustering. Los cilindros representan los datos reales de árboles

En la figura se observan los diámetros y posiciones de los árboles según los datos de la parcela permanente, representados como cilindros (el diámetro del cilindro corresponde al diámetro registrado). Existe una alta correspondencia entre los observado en la nube de puntos y los árboles. esto implica que como método de detección de árboles, el LIDAR funciona bien. Se requiere más análisis para determinar si se pueden calcular los diámetros a partir de estos datos.

#### Resultados principales

- Es posible detectar posición de árboles de forma rápida con escaneo de LIDAR en dos dimensiones
- Los datos se pueden analizar con metodologías de clustering.
- El prototipo mostró funcionar de forma confiable

#### Cosas por mejorar

- Agregar control de velocidad al Prototipo
- Determinar un protocolo exacto para procesamiento de datos
- Diseñar una versión de el escáner que se pueda manipular con confianza en el campo.



- Cambiar el diseño de rotación (polea o engranaje)
- Mejorar el sistema de montaje sobre el trípode fotográfico
- Determinar una metodología para el análisis de datos para extraer información de diámetros.
- Hacer un muestreo con más parcelas permanentes o una parcela permanente en su totalidad

### **Vuelo dron autónomo de ala fija**

Para pruebas de vuelo de drones de ala fija, se construyeron dos drones como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Construcción de drones de ala fija. el diseño está basado en el modelo flitetest, con modificaciones para incorporar sensores varios

Los drones se probaron en el campo principal del CATIE. Inicialmente se probó aspectos de estabilidad de vuelo y controlabilidad de los drones. También se probaron la funcionalidad de algunos diseños en la estructura.

Se realizaron varios vuelos de prueba. El primero drone sufrió un accidente y cayó en la laguna, lo cual dañó el control de energía del drone. Esto implicó la reconstrucción para un segundo drone de prueba (ver figura 9). El segundo dron voló sin problemas, y su estructura

interna impresa en 3D, le dió mucha estabilidad. Sin embargo, debido al peso de la batería, la estructura no soportó y se rompió.

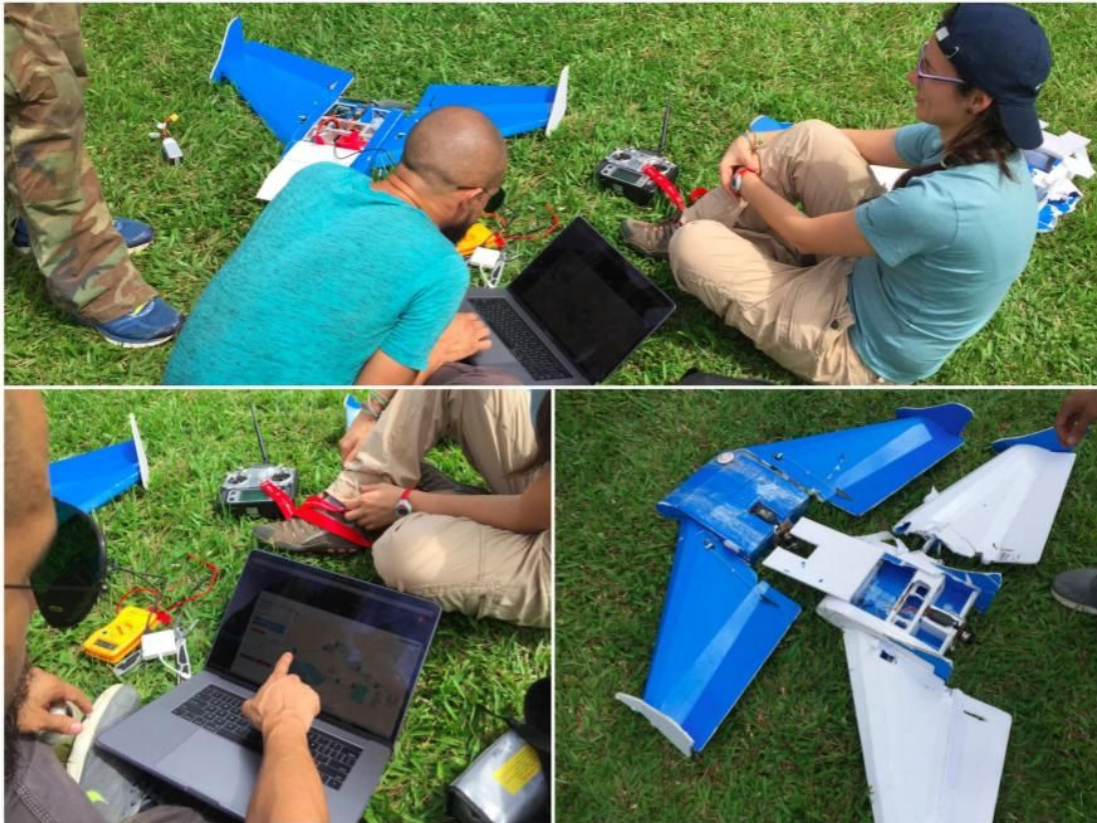


Figura 9. Dones de ala fija siendo preparados para vuelos

Una vez reparada la estructura interna, se procedió a realizar vuelos autónomos. Se cargó un vuelo sencillo alrededor del campo de CATIE. El vuelo procedió sin problemas y el dron logró hacer vuelos cortos de forma autónoma (sin control remoto). Sin embargo tuvo dificultades en llegar a la altura deseada. Esto pudo haber sido consecuencia de las cortas distancias de vuelo, o de potencia del motor.

Luego de varias pruebas, el ala del dron no soportó la presión de aire y colapso, haciendo que el dron se estrellara. La figura 10 muestra algunas fotos del vuelo (ver video [https://youtu.be/Ts5\\_Yjahy94](https://youtu.be/Ts5_Yjahy94))



Figura 10. Vuelo del dron autónomo. La fotografía muestra el despegue

Aunque los drones sufrieron daños en el fuselaje, se recuperó todas las partes electrónicas.

#### Resultados principales

- Se lograron vuelos estables con el diseño de dron
- El vuelo autónomo es posible en estos drones
- Los drones son fáciles de reparar y permiten adaptaciones sencillas

#### Cosas por mejorar

- Realizar más pruebas de vuelo autónomo con recorridos más largos y por encima de cobertura boscosa.
- Estructura interna para sensores
- Agregar cámaras con NDVI y GPS
- Incorporar LIDAR

#### Recomendaciones Finales

1. Para mejorar el dron de ala fija, se debe realizar un trabajo en sitio para ir probando y mejorando el dron de forma rápida. Lo que se propone es realizar un trabajo de unos 5 días en el sitio, con varios drones prefabricados y listos para pruebas. El

objetivo de ese trabajo debe ser el vuelo autónomo de drones sobre superficie boscosa

2. Es necesario hacer más pruebas con el el LIDAR montado sobre el DJI. Los resultados indican que es posible determinar estructura vertical del bosque, sin embargo se debe realizar un muestreo completo. Se puede utilizar el mismo bosquecito. Para esto el equipo de CATIE puede realizarlo luego que se les entregue una versión modificada del “Andamio” para que ellos puedan realizar el muestreo con el LIDAR
3. El escáner LIDAR mostró ser funcional. Se deben ahora hacer pruebas de usabilidad y cómo integrarlo en un proceso real de muestreo. Adicionalmente se deben desarrollar las metodologías estadísticas y de manejo de datos para extraer información de diámetros y estructura del rodal.