

Sistema de georreferenciación y rescate para aeronaves no tripuladas

Georeferencing and rescue system for unmanned aircraft

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.10>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 07/04/2019. Fecha de Aceptación: 21/08/2022.

Harold Yesid Calderon Vega 

Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (Colombia)
hycalderonv@correo.udistrital.edu.co

Daniel Eduardo Castañeda Pabón 

Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (Colombia)
decastanedap@correo.udistrital.edu.co

Esperanza Camargo Casallas 

Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (Colombia)
ecamargoc@udistrital.edu.co

Para citar este artículo:

H. Calderon Vega, D. Castañeda Pabón & E. Camargo Casallas, “Sistema de georreferenciación y rescate para aeronaves no tripuladas”, *INGE CUC*, vol. 18, no. 1, pp. 114–128, 2022. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.10>

Resumen

Introducción— Se desarrolló un dispositivo que puede ser acondicionado para aeronaves no tripuladas, este dispositivo lo que permite es que en caso de que una aeronave caiga y se pierda en una zona no específica, a través del mismo se logre el rescate de la aeronave enviando la coordenada en la que se encuentra.

Objetivo— Desarrollar un sistema de georreferenciación para aeronaves no tripuladas implementando un sistema electrónico el cual pueda codificar y transmitir los datos de su posición actual, además desarrollar un sistema de visualización mediante un circuito detectable a dispositivos estroboscópicos alimentando estas dos partes por medio un prototipo el cual proporcione energía alternativa, todo esto dentro de un sistema contra impactos.

Metodología— Es un dispositivo que envía la coordenada utilizando la placa pi in the sky la cual posee el módulo transmisor Radiometrix, para estos se realizaron pruebas a una base remota donde un computador con una serie de programas decodificara y mostrara la posición de esta en tiempo real para posteriormente lograr su rescate.

Resultados— Se logró implementar al proyecto la placa Pi in The Sky la cual es capaz de codificar la coordenada para su posterior transmisión a la base usando el módulo Radiometrix, llegando a transmisiones de más 11km comprobando el robusto protocolo que usa. Se consiguió implementar un circuito estroboscópico que cumple con las exigencias del proyecto, obteniendo características a favor como lo es su intensidad lumínica y larga duración que está alrededor de las 72 Horas activas.

Conclusiones— Con este trabajo investigativo se concluye que el proyecto logra transmisiones a más de 11k m de distancia a una base remota sin ningún percance y con ello obteniendo una trama de datos (latitud longitud y altitud en metros) para lograr su georreferenciación en todo momento.

Palabras clave— Antenas; circuitos; estratosfera; proyectos aeroespaciales; sonda; telemetría; visualización

Abstract

Introduction— It was developed a device that can be conditioned for unmanned aircraft, this device allows that in case an aircraft falls and is lost in a non-specific area, through it the rescue of the aircraft is achieved by sending the coordinate in which it is.

Objective— To develop a georeferencing system for unmanned aircraft by implementing an electronic system which can encode and transmit the data of its current position, in addition to developing a visualization system through a detectable circuit to stroboscopic devices feeding these two parts by means of a prototype. which provides alternative energy, all this within a system against impacts.

Methodology— It is a device that sends the coordinate using the plate pi in the sky which has the Radiometrix transmitter module, for these tests were made to a remote base where a computer with a series of programs will decode and show the position of this in time real to subsequently achieve his rescue.

Results— The Pi in The Sky board was able to implement the project, which is able to encode the coordinate for its subsequent transmission to the base using the Radiometrix module, reaching transmissions over 11km, checking the robust protocol it uses. It was possible to implement a stroboscopic circuit that meets the requirements of the project, obtaining favorable characteristics such as its light intensity and long duration that is around 72 hours active.

Conclusions— With this research work it is concluded that the project achieves transmissions more than 11 km away to a remote base without any mishap and thereby obtaining a data frame (latitude longitude and altitude in meters) to achieve its georeferencing at all times.

Keywords— Antennas; Circuits; Stratosphere; Aerospace projects; Probe; Telemetry; Display



I. INTRODUCCIÓN

Con este proyecto se busca dar solución a un problema bastante complejo al momento de trabajar con estas aeronaves no tripuladas como lo son su pérdida, una situación no deseada dado que estos proyectos poseen materiales costosos como también el tiempo empleado en su elaboración además los datos obtenidos por está.

Los antecedentes en Colombia a tales fines de investigación de un prototipo independiente que se encargue de monitorear y localizar aeronaves no tripuladas no se encontraron al momento del desarrollo del mismo. La información encontrada demuestra que estas aeronaves se diseñan para que tengan su propio sistema de georreferenciación y no un sistema de respaldo. Esta investigación y elaboración del dispositivo se basa principalmente en el proyecto PI IN THE SKY, una placa de desarrollo para Raspberry Pi, de la cual existe documentación y ensayos para el desarrollo de este proyecto que dieron las bases para la elaboración y puesta en marcha del mismo como se encontrará en la metodología de este documento y los resultados.

Las aeronaves diseñadas especialmente para labores de investigación, fueron un enfoque perfecto para este el desarrollo de este prototipo, basándose principalmente en la aeronave diseñada en Colombia por del grupo de investigación DIGITI en el año 2016 [1], como también la aeronave diseñada por la Comisión Colombiana de Cohetería y Astronáutica (Fundación C3) la cual en su primer prototipo tuvieron el problema planteado, que fue su pérdida, por lo cual se ve la necesidad de desarrollar un sistema de georreferenciación para aeronaves no tripuladas, el cual cuente con un sistema de telemetría que envíe su posición actual, además de contar con un circuito de visualización estereoscópica alimentado por medio de una energía alternativa para disminuir las posibilidades de pérdidas de estas aeronaves. Otra importante característica del proyecto, es su sistema contra impactos, todo esto buscando que personas interesadas en diseñar aeronaves no tripuladas, como los globos sondas, vean en este proyecto una guía para minimizar su pérdida.

La importancia más relevante que tiene este proyecto es que la aeronave no tripulada contaría con un sistema de respaldo aumentando las posibilidades de localizar el dispositivo y evitando pérdidas económicas, información valiosa obtenida que puede ser utilizada para investigaciones y sobrecostos en la búsqueda de la aeronave.

II. METODOLOGÍA

En Colombia se ha tenido una gran evolución en temas aeroespaciales como lo son las sondas estratosféricas, vehículos no tripulados que ayudan a conocer más sobre nuestra atmosfera. Para la solución del problema se analizó los distintos fallos que posiblemente se pueden tener al momento del diseño de estas aeronaves y buscar el causal de la perdida.

Existen diferentes métodos para la transmisión de la coordenada ya puede ser por medio de módulos GSM, radiofrecuencia o por medio satelital, donde cada uno posee ciertas ventajas y desventajas; en el caso de los módulos de GSM, su principal desventaja es la falta de cobertura en zonas no pobladas acotando a esto que los lanzamientos de estas aeronaves son en áreas rurales por seguridad de las personas, ocasionando un gran problema ya que los módulos GSM utilizan las antenas de telefonía móvil para transmitir los datos, y también es una red paga; las ventajas que poseen estos módulos son el bajo costo del dispositivo y su configuración que es fácil. Por otra parte, está el medio satelital que su principal desventaja es el alto costo que tienen estos dispositivos con su licencia de operación, aparte de esto los dispositivos con GPS licenciados cuentan con una restricción llamada CoCom [2], [3], la cual limita su funcionamiento al sobrepasar los parámetros de velocidad a 1900 k/h y una altitud máxima de 18 km lo cual es una fuerte restricción para proyectos que quieran sobrepasar esta altitud, además posee otra desventaja al deber tener una posición específica para encontrar la coordenada y transmitirla, y la ventaja principal es que tiene mayor cobertura a comparación de la red GSM. Por ultimo están los módulos por radiofrecuencia, de los cuales existen diferentes dispositivos, pero en este caso se enfocara en los módulos Radiometrix y LoRa, sus desventajas son que poseen un límite de transmisión y necesitan ser punto a punto, no obstante, estos dispositivos poseen una gran ventaja, primero son económicos y de fácil acceso, anteriormente se mencionó que poseen un límite de transmisión para los módulos Radiometrix y LoRa, pero este límite es bastante extenso gracias a su protocolo de comunicación y su baja frecuencia de operación.

Ya dada las pautas de los sistemas de telemetría que son comúnmente usados para estos proyectos se opta por usar un sistema de comunicación por radio frecuencia, dado que presenta ciertas ventajas para el proyecto como es poder tener el monitoreo durante el vuelo.

Otra posibilidad que se debe tener para evitar la pérdida es un sistema de respaldo por si falla la comunicación, lo más viable es usar una luz estroboscópica, es decir luz intermitente que indique visualmente la posición y necesariamente que esta se active en las horas de la noche, incrementando la visibilidad al momento de la búsqueda.

Factores a tener en cuenta de estos dispositivos es el hecho de que las sondas estratosféricas fácilmente pueden alcanzar altitudes de 10 km a 30 km dependiendo del diseño de la aeronave, la temperatura es un factor determinante en el proyecto ya que las temperaturas en esa área son bastante bajas provocando fallas en los sistemas electrónicos, por eso es necesario que el proyecto este diseñado con un material el cual minimice los cambios de temperatura, como el poliestireno. Otras características reseñables del poliestireno expandido son su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos. Esto ayudará al proyecto al ser un aislante térmico evitando los cambios bruscos de temperatura

A. Transmisión de datos de la posición actual

Para el desarrollo de la obtención y transmisión de la coordenada del proyecto se observa el diagrama de bloques (Fig. 1), el cual presenta la línea de acciones en las que se desarrolla el proyecto.

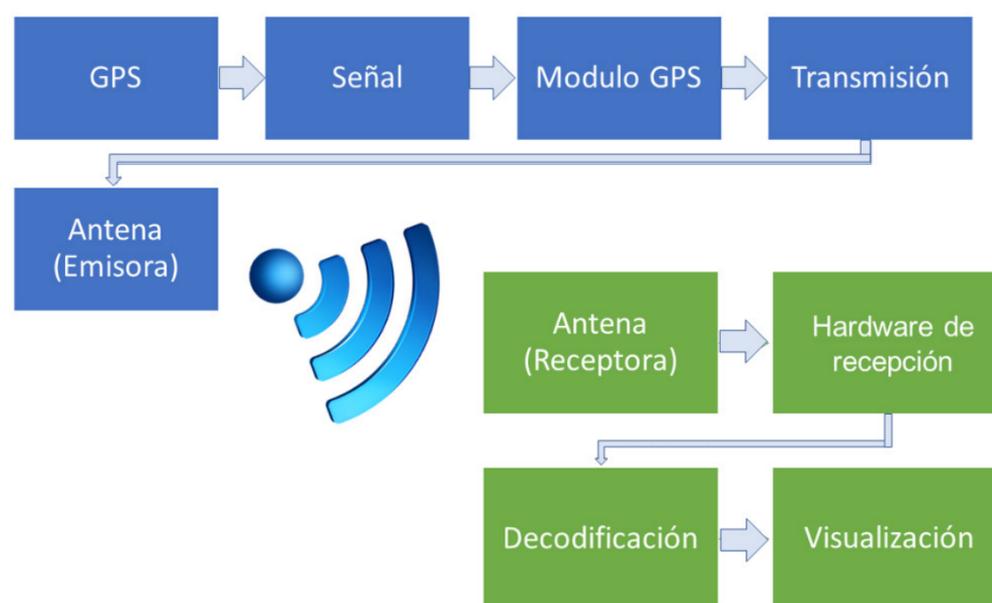


Fig. 1. Diagrama de bloques.
Fuente: Autores.

1) Pi in the sky

En la Fig. 2 se puede ver que la tarjeta PI IN THE SKY es una placa desarrollada por GETSIMPLE, es una placa para Raspberry Pi Zero, la cual cuenta con dos transmisores UHF, Radiometrix y LoRa los cuales cuentan con licencia para operar en Colombia por la ley de radioaficionados [4], además tiene un módulo Receptor GPS UBlox probado en altitudes de 50 km [5], este módulo es bastante robusto el cual es capaz de suministrar los datos de la hora universal, latitud, longitud y altitud, usando la red de satélites (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou) [6].

Esta placa posee una modificación en la antena GPS ya que viene originalmente con una antena helicoidal pasiva de la marca Sarantel [7], la colocación de esta antena no es la ideal porque sobresale de la placa y es susceptible a daños, se opta en realizar la modificación para evitar daños futuros, se realiza el reemplazo por una antena activa helicoidal [8], en la Fig. 2 se observa el ensamble final.



Fig. 2. Pi in the Sky.
Fuente: Autores.

Radiometrix es uno de los transmisores que posee esta placa (Fig. 2) el cual usa un sistema FSK (Frequency Shift Keying) [9], el RTTY (Radio Teletype) es un sistema de telecomunicaciones en el cual dos terminales se comunican a través de un enlace de radio, es decir, transmisión digital de información, la combinación de una baja velocidad y una modulación robusta hacen del RTTY un método de comunicación muy resistente a la mayoría de las formas de interferencia de radio. Para el proyecto se transmite a 434.250 Mhz por ser el encargado de ser un sistema de telemetría enviando los diferentes datos de la coordenada. Para la transmisión a tierra se usa una antena dipolo simple la cual está diseñada para transmitir ondas de radiofrecuencia especial para frecuencia UHF 433 Mhz a 470 Mhz conectada al módulo Radiometrix con un conector SMA hembra.

Esta placa pi in the sky se suministra con una micro SD pre construida con el sistema operativo y el software de telemetría instalado [10], [11]. Si por algún motivo desea realizarlo siga esta guía: <http://www.pi-in-the-sky.com/data/uploads/pits-manual.pdf>. No se profundizará en más detalles de la instalación de Software de transmisión, si de la configuración de la misma.

2) Configuración de software de transmisión

Para realizar esta configuración se debe hacer desde la Raspberry Pi Zero, ejecute el comando “sudo nano /boot/pisky.txt”, como se puede ver en la Fig. 3 con los parámetros de transmisión usados.

```

payload=UDFJC
disable_monitor=N
frequency=434.250
baud=300
camera=N
low_width=320
low_height=240
high=2000
high_width=640
high_height=480
image_packets=4
enable_bmp085=N
external_temperature=1
logging=GPS, Telemetry
Disable_RTTY=N
info_messages=2

full_low_width=640
full_low_height=480

```

Fig. 3. Configuración de parámetros de transmisión.
Fuente: Autores.

Payload = Nombre de la transmisión que para este caso el nombre es UDFJC pero se puede colocar cualquier nombre usando letras en el formato inglés.

Frequency = Frecuencia a trabajar para la versión de 434 Mhz, cuyo rango permitido es de 434.04 Mhz a 434.79 Mhz.

Baud = Velocidad de transmisión. Controla la rapidez con que la información se va a enviar, con frecuencias de trabajo de 300 baud que es un rango recomendado para estos proyectos.

Configurados los parámetros de transmisión se armará la trama de datos elaborada por la Raspberry Pi Zero la cual está compuesta por:

- Sentencia Contador entera la cual comienza en 1 y se incrementa automáticamente dependiendo de las frases enviadas que comienzan en \$\$ y terminan en número decimales .
- Tiempo en el formato UTC formato hh:mm:ss.
- Latitud (decimal).
- Longitud (decimal).
- Altura en metros .
- Velocidad horizontal en m/s.
- Marcación en grados “modulo externo”.
- Dato de sensor configurado.
- Dato de sensor configurado.

3) *Hardware de la recepción de datos en tierra*

Para la elaboración de la recepción de la coordenada en tierra es necesario tener los siguientes elementos.

- Antena Yagi con conector tipo N hembra.
- Extensor cable tipo N macho a N macho.
- Conector tipo N Hembra a Mcx Macho Recto.
- Receptor SDR-RTL2838.

La antena Yagi, es una antena unidireccional debido a que la señal se concentra en un haz estrecho [12], [13], la cual cuenta con cinco elementos, una ganancia de 12 dBi y una frecuencia de trabajo de 430 Mhz a 440 Mhz, es una antena comercial, y puede ser calculada con investigaciones de la Ucatolica [12] que usan (1) y para el cálculo de (longitud de onda) emplean (2). El hardware de recepción utilizado fue un SDR RTL2838U el cual es muy accesible por su precio. El receptor SDR “Software Defined Radio”, es un sistema de radiocomunicaciones donde varios de los componentes implementados en hardware como mezcladores, filtros, moduladores, demoduladores, etc, son implementados en software utilizando un ordenador o algún sistema embebido. Este dispositivo se encarga de recibir las señales de radio procesar la señal y convertirla en audio. Se conectan al computador mediante un puerto USB. El acoplamiento de la antena Yagi con SDR receptor, es necesario utilizar un cable extensor tipo N macho a N macho y un adaptador tipo N hembra a Mcx macho recto (Fig. 4), ya que el receptor no cuenta con el mismo conector.

$$dB = 10 \log_{10} \left(\frac{N_s}{N_r} \right) \quad (1)$$

N_s = Nivel de señal.

N_r = Nivel de referencia.

$$\lambda = \frac{\text{Velocidad de la luz (Metros/s)}}{f(\text{Hertz})} \quad (2)$$

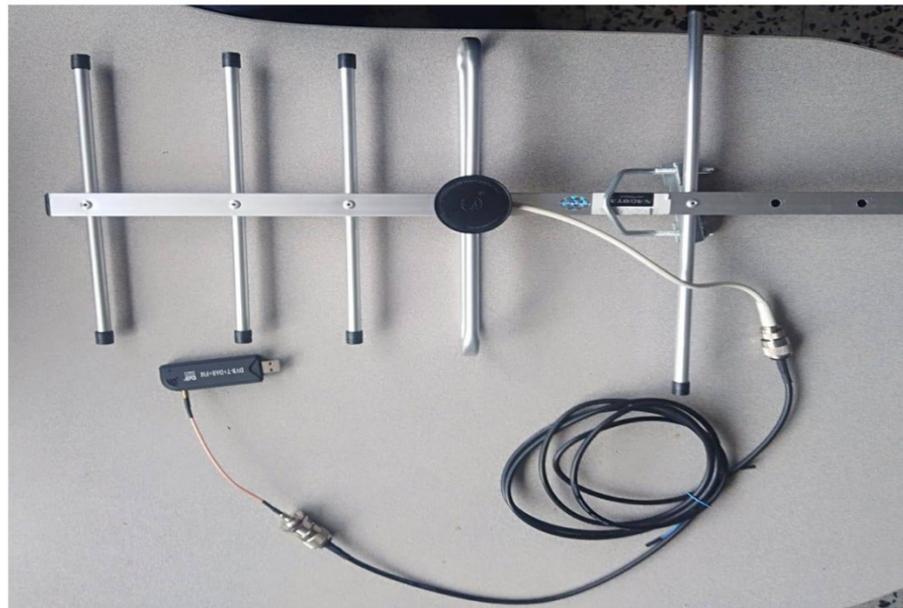


Fig. 4. Ensamble SDR - Antena Yagi.
Fuente: Autores.

4) Decodificación

Ya llegando los datos al computador es necesario realizar la decodificación, para esto se usan tres programas de los cuales se explicará el funcionamiento en el proyecto, primero se explicará el SDR SDRSHARP que es el encargado de recibir la señal de audio, posteriormente el virtual audio cable que conectará el software anterior con DI-Fldigi 4.0.17 que es el encargado de decodificar la señal de transmisión.

• Recepción de la señal de la transmisión

Es un programa de radio definido por un software que es capaz de analizar el espectro [14], [15], captado por el SDR [16], [17], dando la posibilidad de escuchar un rango de frecuencias de 0 a 2.500 Mhz, para su instalación vaya a la página [web airspy.com](http://web.airspy.com) [18]. Para escuchar la señal se debe seleccionar la frecuencia en la cual se está transmitiendo, para este caso es 434.250 Mhz posterior a esto seleccionar el hardware de recepción que es RTL-SDR(USB) que está ubicado en la parte superior izquierda (Fig. 5).

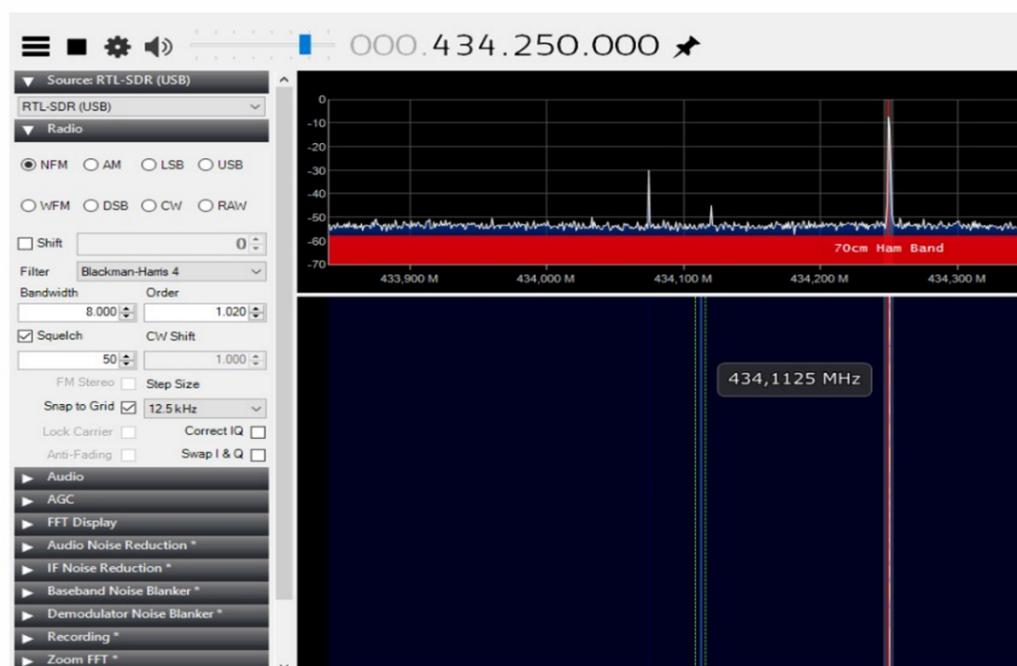


Fig. 5. Espectro de la señal de transmisión.
Fuente: Autores.

• *Procesamiento de la señal*

Virtual Audio Cable es una herramienta la cual crea una conexión virtual con la tarjeta de sonido de manera que se pueda utilizar con cualquier otro programa [19], [20]; dado que todas las transferencias se realizan digitalmente sin tener una pérdida de calidad en el audio se debe instalar y establecer como predeterminado, para esto en Windows ir al Panel de control → Sonido → Grabación. En la Fig. 6 se muestra como debe predeterminar este programa.

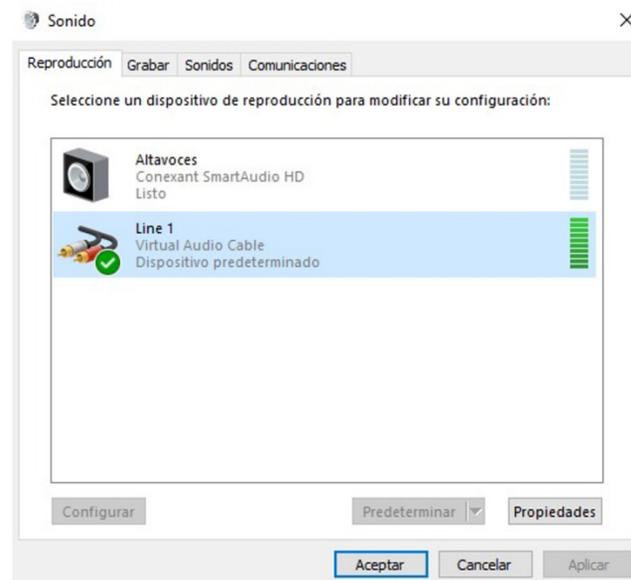


Fig. 6. Virtual Audio Cable.
Fuente: Autores.

• *Interpretación de la señal procesada*

DL-FLDIGI 4.0.17 es un software gratuito de decodificación de tarjetas [21], [22]. Se hace la explicación para la versión Fldigi 4.0.17, es la versión más reciente al momento de elaborar este artículo, pero de igual manera para versiones anteriores los pasos a seguir son exactamente los mismos.

Al momento de ejecutar el software por primera vez se abrirá un asistente de configuración, como se muestra en la Fig. 7. Ir a audio, Modificar las opciones por line 1 (Virtual Audio Cable), como se muestra en la Fig. 7, con esto se hará la conexión virtual SDRSHARP y DL-FLDIGI.

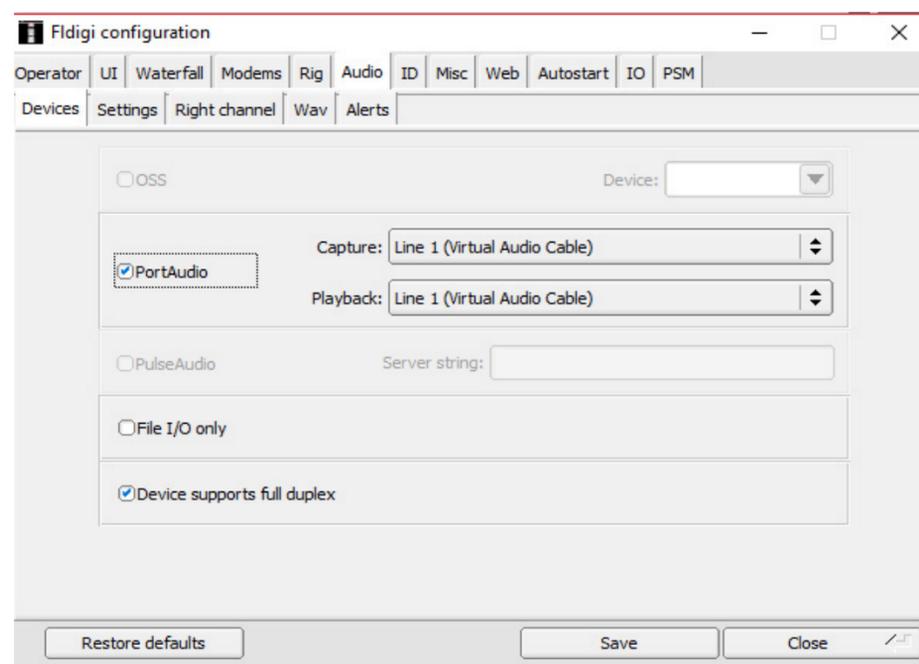


Fig. 7. Configuración DL-FLDIGI con Virtual Audio Cable.
Fuente: Autores.

En la configuración de parámetros de recepción, buscar “Op mode” donde se observan todos los protocolos que puede usar el programa (Fig. 8), se selecciona el protocolo de comunicación que se está usando que para este caso es RTTY seleccionar y dar en *custom* la cual es una configuración personalizada. Posterior a esto colocar los parámetros de transmisión como se observa en la Fig. 9 para con esto finalizar el proceso de configuración.

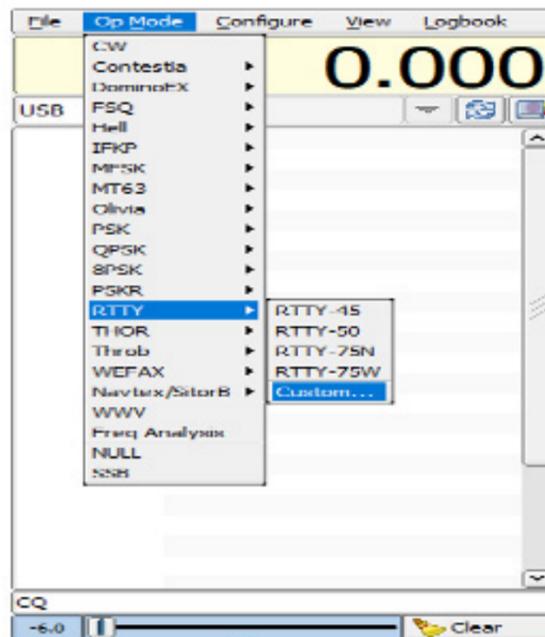


Fig. 8. Protocolos de comunicación.
Fuente: Autores.

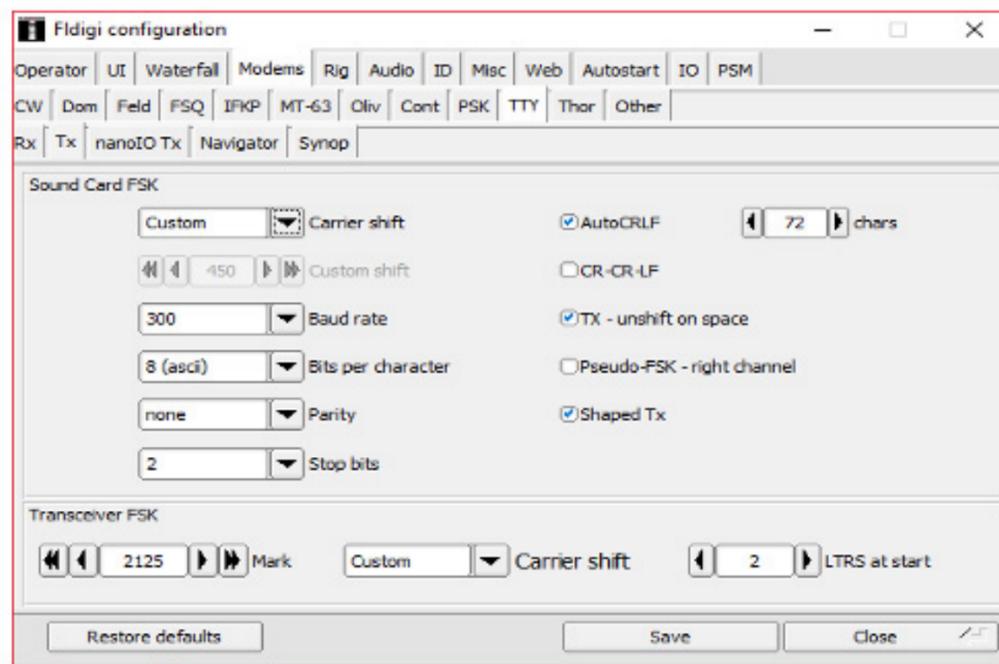


Fig. 9. Protocolo de comunicación.
Fuente: Autores.

Se debe ver la interfaz del software, seleccionar en la parte inferior el área sombreada de amarillo y seleccionar la mitad de esta, esperar unos segundos a que se establezca y posteriormente se verán los datos enviados por el módulo de transmisión con el orden que se especificó (Fig. 10).

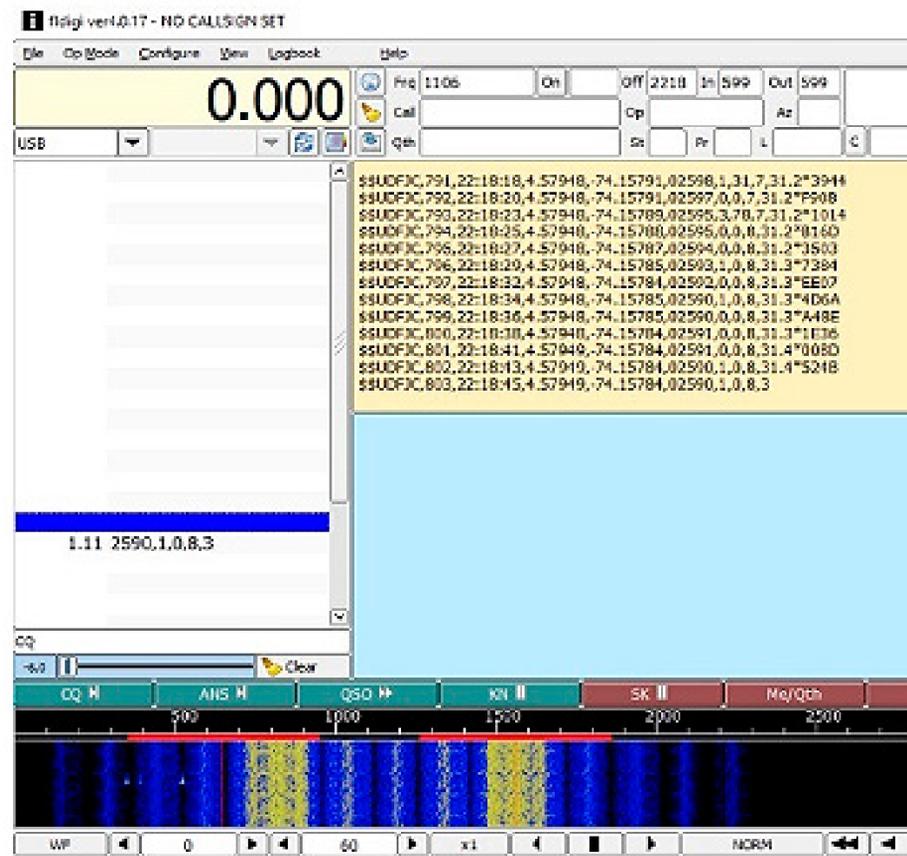


Fig. 10. Datos obtenidos.
Fuente: Autores.

DL-FLDIGI genera un archivo “.log” el cual es un archivo de texto donde se encontrarán todos los datos obtenidos hasta el momento. Este archivo no lo genera automáticamente y es necesario indicarle al programa que lo genere, para esto ir a File → Text Capture → Seleccionar log all Rx; para encontrar el archivo ir a File → Folders → Fldigi config; este archivo tendrá el nombre dependiendo al día en que se creó con el formato fldigi->año->mes->dia.log.

B. Visualización asistida

La visualización se realiza utilizando macros de Excel para ordenar las coordenadas, solucionar errores de transmisión y con la ayuda de un programa que muestre el globo terrestre con múltiples cartografías. Lo primero es procesar el archivo “.log” para detectar y corregir los errores que se generan al momento de la transmisión, para lo cual se grabaron unas macros para 4 botones (Fig. 11), cada una con una función respectiva en orden secuencial. Las coordenadas se guardan en un archivo de extensión “.csv” que posteriormente se importa al software de Google Earth Pro con el fin de trazar una trayectoria con lo puntos obtenidos.



Fig. 11. Botones de las macros en Excel 2016.
Fuente: Autores.

1) Desarrollo de visualización estroboscópica

Esta parte del proyecto es relevante ya que, si se producen fallos en la transmisión, este actuará como un sistema de respaldo para la búsqueda. En la Fig. 12 se observa el diagrama de bloques propuesto para la solución. Se opta en elaborar un sistema con luces led que sean estroboscópicas, es decir parpadeantes a una frecuencia notable para el ojo humano y no solo esto, también un sistema de control que permita el encendido en la hora de la noche para maximizar la duración de la batería y aumentar la probabilidad de encontrar el proyecto al caer.

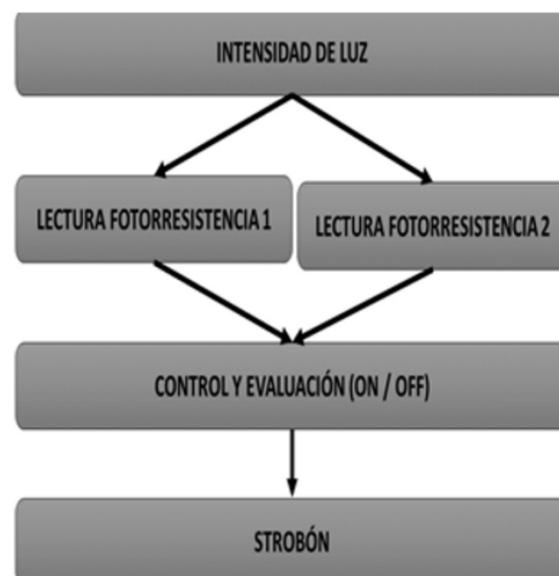


Fig. 12. Diagrama de bloques, circuito estroboscópico.
Fuente: Autores.

Se usó dos fotorresistencias las cuales se encuentran en lugares distintos, la razón, si el proyecto llegase a caer por un lado y ahí se encuentra la fotorresistencia esta detectara la ausencia de luz y el circuito empezará a funcionar a todas horas y no es lo deseado, lo ideal es que sea solo en la noche. El encargado de leer los datos de las fotorresistencias es un microcontrolador PIC 12f675 de la marca Microchip [23], [24], para evaluar en qué momento se debe encender la luz estroboscópica mediante un módulo llamado Strobón, este módulo es usado normalmente para aeronaves no tripuladas como los son *drones*, estos módulos tienen la característica de tener un led de alta potencia.

C. Abastecimiento energético

Esta etapa se divide en dos sistemas de alimentación, los cuales poseen baterías 18650 a 3.7 v a 3000 mah que son recargables de litio. La alimentación del sistema de telemetría se caracteriza por tener dos en paralelo manteniendo el voltaje de 3.7 v y aumentando la corriente a 6000 mah, para suministrarle energía a estas baterías es necesario un módulo de carga Boost, la etapa de Alimentación del sistema de visualización estroboscópica posee una batería teniendo 3.7 v y 3000 mah. Para la alimentación de esta etapa se usa el módulo strobón el cual cuenta con una entrada de corriente con el conector micro usb

1) Energía alternativa del proyecto

Hoy existen distintas energías alternativas que se pueden aprovechar [25], una de estas es la energía solar, una fuente de energía que usa la luz solar, para esto es necesario usar paneles el proyecto posee tres, de los cuales dos se usan para el sistema de visualización y uno para el sistema de telemetría, que se busca con esto aumentar la durabilidad de las baterías. Estos paneles se colocaron al costado del proyecto y uno en la parte superior. Como característica técnica de los paneles son de 5 v a 90 mA, para acoplarlos a la etapa de alimentación es necesario usar un diodo que evite que el panel descargue la batería, el ánodo del diodo ira al panel y el cátodo ira al sistema de alimentación es decir a la batería.

D. Sistema contra impactos

Se analizaron los distintos materiales para la elaboración del sistema contra impactos, como lo fueron el PLA (Ácido poliláctico) y el TPU (Poliuretano termoplástico), materiales usados en impresoras 3D donde cada uno no cumplió las expectativas planteadas. El PLA presenta poca resistencia a impactos y el TPU es un material flexible que soporta impactos, pero su principal desventaja es el peso del mismo que incrementa considerablemente el diseño del proyecto siendo este no viable, de esta forma se encontró un material el cual cumpliera el objetivo planteado como lo es poliestireno, el cual es una espuma rígida conformada por celdas contiguas entre sí que albergan aire, lo que le otorga grandes propiedades como aislante térmico. Se caracteriza por su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos (Fig. 13).

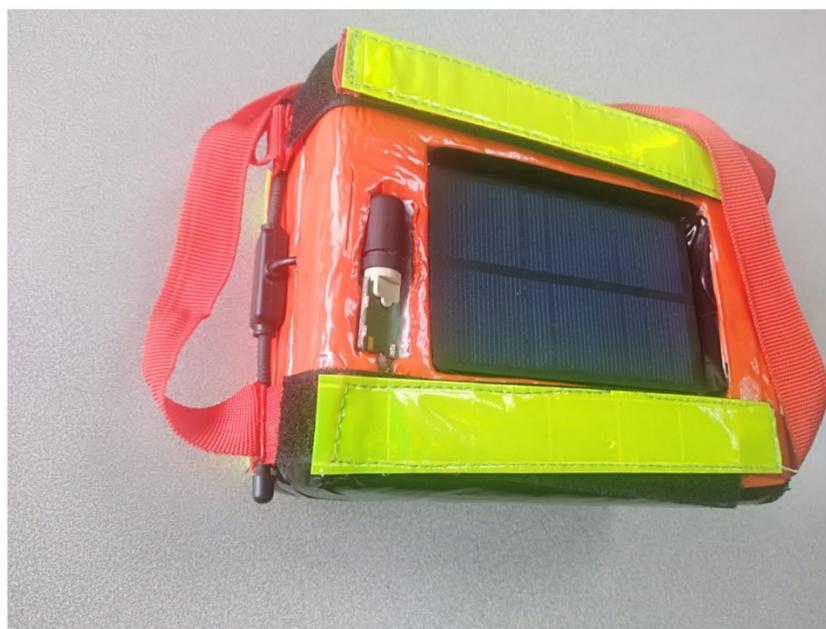


Fig. 13. Proyecto terminado.
Fuente: Autores.

III. RESULTADOS

El proyecto tuvo los resultados esperados, logrando transmisiones a 11 km sin ningún percance, esta prueba fue realizada desde la facultad tecnológica de la Universidad Distrital al cerro de Monserrate, donde se puede observar la distancia aproximada medida en el programa Google Earth Pro, como se mostrará a continuación en la Fig. 14.

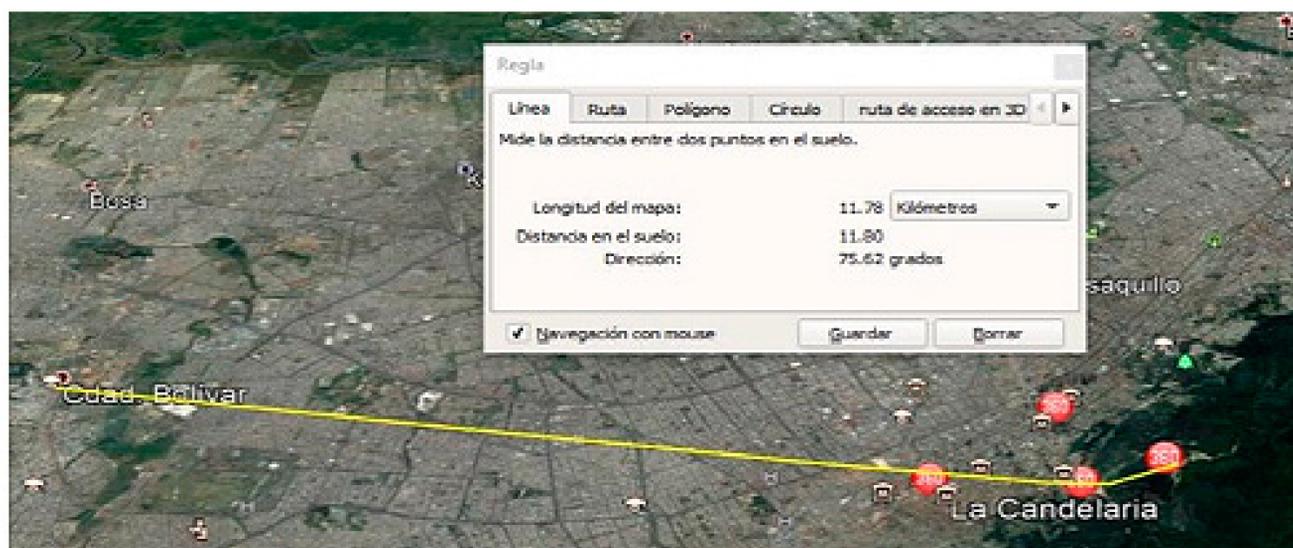


Fig. 14. Distancia de la prueba.
Fuente: Autores.

El proyecto fue puesto en una parte estratégica del cerro de Monserrate para su transmisión de datos. La recepción de datos se realizó desde la facultad tecnológica como se observa en la Fig. 14, donde se usó la antena Yagi junto a un computador con los programas necesarios para decodificación de los datos de la coordenada.

Se observa en la Fig. 15 el espectro de la señal que está recibiendo en el programa SDRSHARP y es posible observar el pico de la señal que se encuentra bastante estable.

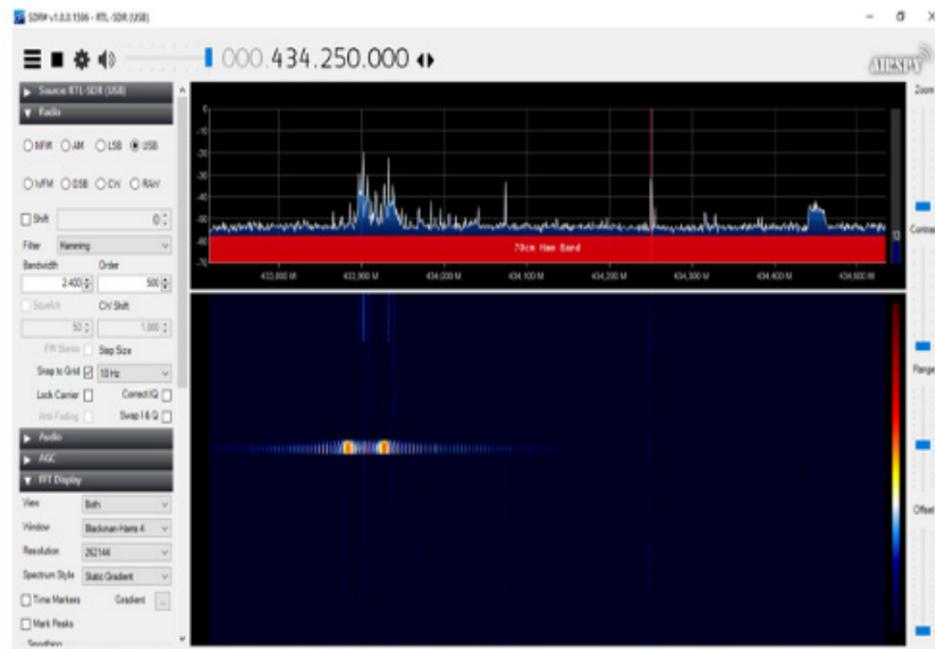


Fig. 15. Espectro de la prueba Monserrate.
Fuente: Autores.

En la Fig. 16 se observa la señal decodificada con fl-digi con la coordenada que está llegando.

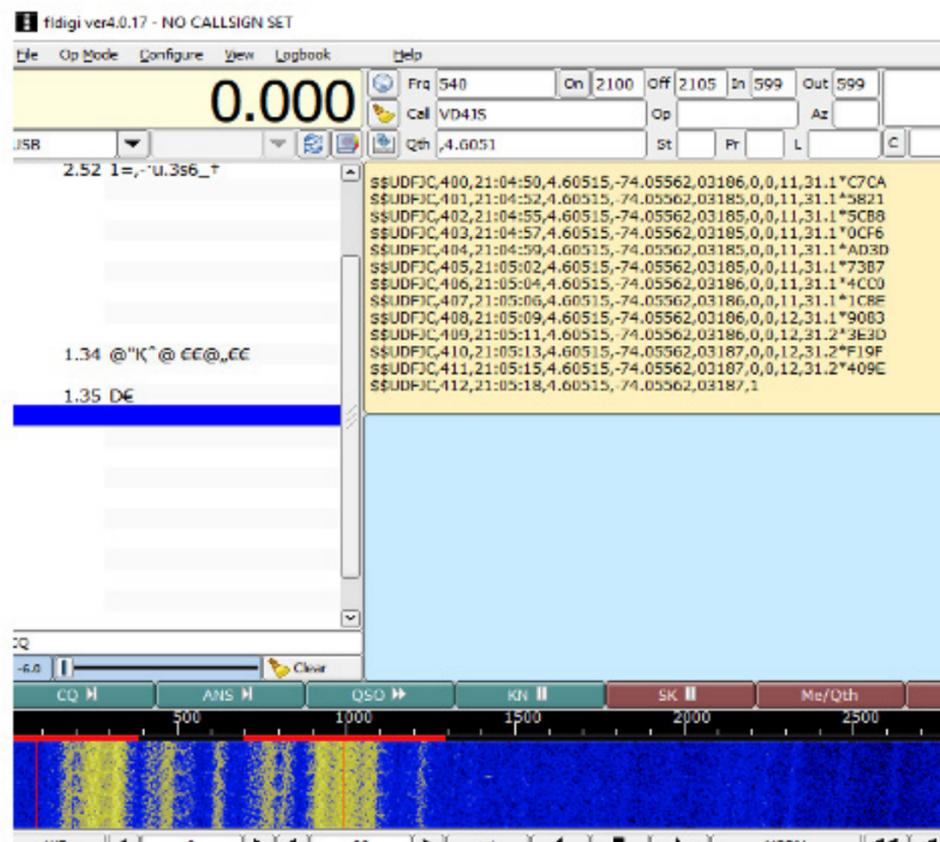


Fig. 16. Datos de la decodificación de la prueba Monserrate.
Fuente: Autores.

Se realiza el proceso de verificación de errores y se procede a ingresar las coordenadas en Google Earth Pro mostrando exactamente los lugares donde el proyecto estuvo (Fig. 17).

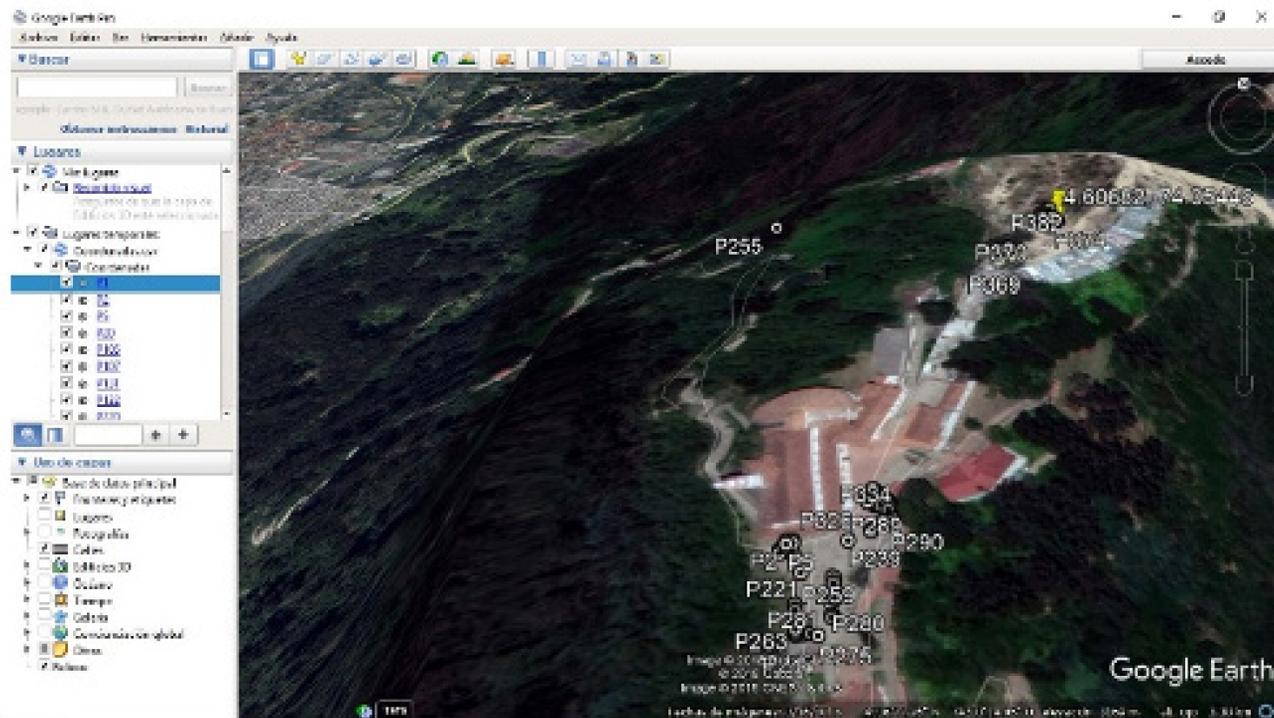


Fig. 17. Visualización asistida de las coordenadas.
Fuente: Autores.

La siguiente prueba se enfocó en la captación de la señal en movimiento. Lugar de recepción de los datos facultad tecnológica transmisión alrededores de la facultad.

En la Fig. 18 se observa el seguimiento que se realizó al proyecto siendo un éxito ya que se logró registrar el recorrido.

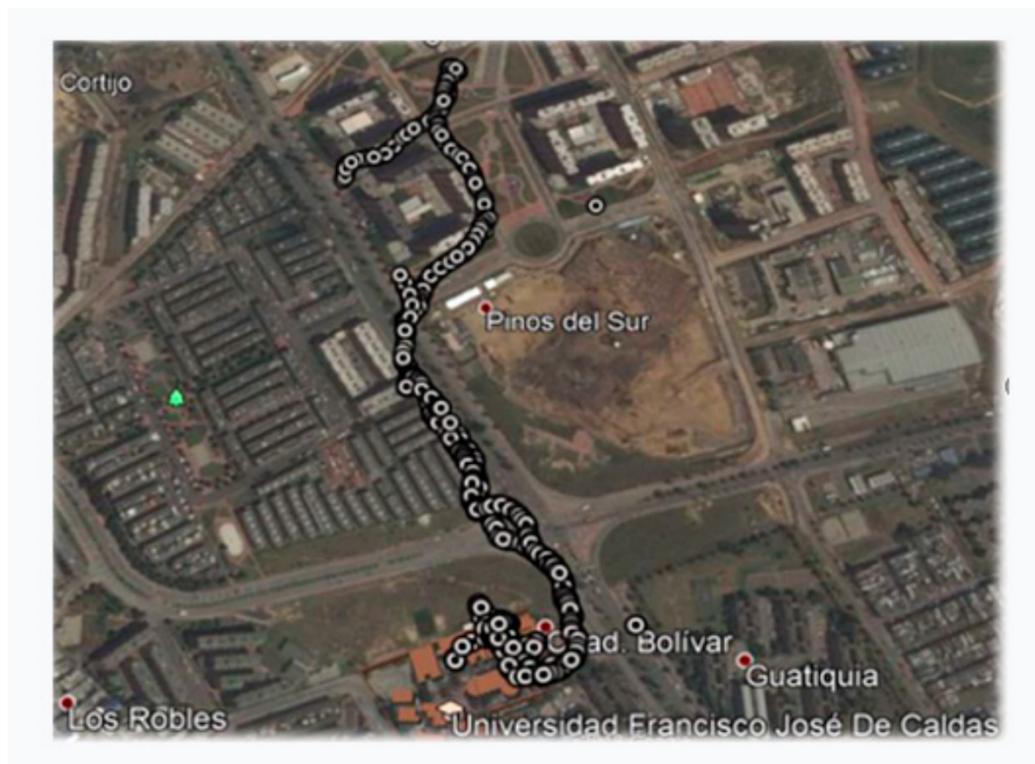


Fig. 18. Recorrido del proyecto.
Fuente: Autores.

Para realizar la prueba tres se dejó el prototipo en una zona abierta y según los cálculos debería empezar a emitir la intensidad lumínica en las horas de la noche, para el caso de la prueba este inicio a emitir a las 18:15 con ayuda de un dron se observa como este es visible ver Fig. 19.



Fig. 19. Recorrido del proyecto.
Fuente: Autores.

IV. CONCLUSIONES

Se logró implementar un circuito estroboscópico que cumple con las exigencias del proyecto, obteniendo características a favor como lo es su intensidad lumínica y larga duración que está alrededor de las 72 horas activas.

Se logró implementar al proyecto la placa PI IN THE SKY la cual es capaz de codificar la coordenada para su posterior transmisión a la base usando el módulo Radiometrix, llegando a transmisiones de más 11 km como se mostró en los resultados comprobando el robusto protocolo que usa.

Se concluye que la alimentación y el sistema de energía alternativa mediante luz solar aumenta el tiempo de funcionamiento del proyecto y en caso de pérdida estos paneles logren suministrar la energía suficiente al sistema de visualización para su búsqueda.

Se obtiene una mejora de la antena de la placa PI IN THE SKY, la cual proporciona más seguridad minimizando la ruptura de la antena GPS, que es la parte fundamental del proyecto.

En este artículo se mostró como se realizó el diseño de un proyecto el cual cuenta con un sistema de georreferenciación, explicando los distintos fallos que se pueden tener y así evitarlos, cumpliendo con esto los objetivos planteados.

Finalmente, se busca que este proyecto sirva para futuras investigaciones e influir a los investigadores a desarrollar prototipos usando esta información como guía, ya sea para continuar con esta línea de investigación o de apoyo como otras áreas de conocimiento, generando innovación del mismo o nuevos proyectos.

FINANCIAMIENTO

Artículo de investigación científica derivado del proyecto de investigación “Sistema de georreferenciación y rescate para aeronaves no tripuladas” financiado por “Centro de investigaciones y desarrollo científico de la universidad Distrital Francisco José de Caldas”. Año de inicio: 2017, año de finalización: 2018.

AGRADECIMIENTOS

A la docente tutora del proyecto Ing. Esperanza Camargo Casallas PhD, al semillero de investigación Qriosity adscrito al grupo de investigación DIGITI por suministrar el estado de arte junto a sus instalaciones para la investigación y elaboración del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] C. Reyes, “Universidad Distrital incursiona en la investigación aeroespacial”, Udistrital, BO, CO, Ene 9, 2016. [Online]. Disponible en <http://laud.udistrital.edu.co/noticiasuniversidad-distrital-incursiona-en-la-investigacion-aeroespacial>
- [2] Ravtrack, “COCOM GPS Tracking Limits”, Ravtrack, SA, USA, Jan 6, 2010. [Online]. Available: <http://ravtrack.com/GPStracking/cocom-gps-tracking-limits/469/>
- [3] OTA, “Technology and East-West Trade”, WA, DC: U.S. Government Printing Office, NTIS PB83-234955, 1979. <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc39412/m1/2/>
- [4] Ley 94/14 diciembre de 1993, por la cual se fomenta el desarrollo de la radio experimentación a nivel aficionado y la Nación se asocia al sexagésimo aniversario de la fundación de la Liga Colombiana de Radioaficionados, Congreso de la República de Colombia. Disponible en <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1633656>
- [5] Pi-in-the-Sky, “Welcome to the Pi In The Sky Project”. Oct. 16, 2016. [Online]. Available: <http://www.pi-in-the-sky.com/>
- [6] “MAX-M8 series Small u-blox M8 GNSS modules”. U-blox, Thalwil, CH. Accessed: Dic. 12, 2018. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/product/max-m8-series>
- [7] “MHB-1575A”. Maruwa Co Ltda., Aichi, JP. Accessed: Dic. 12, 2018. [Online]. Available: <https://www.maruwa-g.com/e/products/electronic-parts/MHB-1575A.pdf>
- [8] “MHC-1575GH”. Maruwa Co Ltda., Aichi, JP. Accessed: Dic. 12, 2018. [Online]. Available: <https://www.maruwa-g.com/e/products/electronic-parts/MHC-1575GH.pdf>
- [9] J. Briceño, *Técnicas de modulación digital con portadora modulada*. MER, VE: Taller de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, 2005.
- [10] R. González, *Python para Todos*. GRN, ES: Autor, 2010. Recuperado de <https://duenaslerin.com/tico2/pdfs/python-para-todos.pdf>
- [11] A. Marzal, I. Gracia y P. García, *Introducción a la Programación con Python*. CS de la PLN, ES: Publicacions de la Universitat Jaume, 2016. <http://dx.doi.org/10.6035/Sapientia93>
- [12] E. Ladino y B. Parra, “Diseño de antena Yani-Uda a una frecuencia de 5.8 Hz”, *Trabajo*, Fac. de Ing. Ucatolica, BO, CO, 2018. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16055/3/Articulo.pdf>
- [13] A. Anguera y A. Pérez, *Teoría de Antenas*. BAR, ES: La Salle Online Ingenierías, 2008. Recuperado de https://ia600906.us.archive.org/5/items/2008TeoriaDeAntenas/2008_teor%C3%ADa-de-antenas_guia-de-estudio.pdf
- [14] C. Rodríguez, “Diseño de un Gateway por Software para aplicaciones en redes Inalámbricas de corto alcance,” *Tesis Ing.*, UD Francisco José de Caldas, BO, CO, 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/11349/7444>
- [15] C. García, “Radio Definido por Software usando MATLAB,” *Tesis Esp.*, Fac. Ing. Elec., UCLV, STA. CLA., CU, 2011. Disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/4729>
- [16] J. Reyes, *Sistemas de Comunicaciones Radio Definidos por Software (SDR): Diseño e implementación de un transmisor QPSK sobre una plataforma basada en FPGA*. SVQ, ES: EAE, 2012.
- [17] I. Pinar y J. Murillo, *Laboratorio de Comunicaciones Digitales Radio Definida por Software*. SVQ, ES: TSC, 2011.
- [18] *SDR Software*. (rev. 1900), *Airspy*. Accessed: Dec. 31, 2018. [Online]. Available: <https://airspy.com/download/>
- [19] *Virtual Audio Cable*. (v. 4.67), E. Muzychenko. Accessed: Dec. 31, 2018. [Online]. Available: <https://vac.muzychenko.net/en/>
- [20] “Using Virtual Audio Cables to Integrate SAM Broadcaster with Skype,” *Spacial*, 22 mar. 2018. [Online]. Available: <https://spacial.com/using-virtual-audio-cables-integrate-sam-broadcaster-skype/>
- [21] “Decoding with dl-fldigi,” *Pi in the Sky*, 16 may. 2015. [Online]. Available: <http://www.pi-in-the-sky.com/index.php?id=decoding-with-dl-fldigi>
- [22] “The UK High Altitude Society Conference 2018,” *UKHAS Wiki*, 16 aug. 2018. [Online]. Available: <https://ukhas.org.uk/general:ukhasconference2018>
- [23] J. Vergara y J. Vergara, *Microcontroladores PIC Principios y aplicaciones*. MED, CO: UdeM, 2009. Disponible en <http://hdl.handle.net/11407/2502>
- [24] D. Condori, *Microcontroladores PIC Fundamentos y Aplicaciones un Enfoque Didáctico*. TIA, PE: UASF, 2010. <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/87>
- [25] TESE, Ed. *Tecnologías Solar-Eólica-Hidrógeno-Pilas de Combustible como fuentes de energía*. ECAdemor, MX: TESE, 2009.

Harold Yesid Calderon Vega. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-4956-0685>

Daniel Eduardo Castañeda Pabón. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-3903-8076>

Esperanza Camargo Casallas. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-6320-4049>