



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

DRONES INTELIGENTES AUTÓNOMOS COMO HERRAMIENTA PARA LA CONTENCIÓN DE LA PANDEMIA PROVOCADA POR SARS-COV-2

Andrés Ricardo Beltrán Casanova, Fran Ernesto Álvarez Romero

**Universidad El Bosque
Bogotá, Colombia**

Resumen

Este trabajo presenta el diseño y construcción de un Dron Inteligente con capacidades de Visión Artificial y Navegación Autónoma. Se describe en detalle los materiales, herramientas y procedimiento para el ensamblaje del artefacto, así como de sus funcionalidades incorporadas de Inteligencia Artificial. Dentro de las múltiples aplicaciones prácticas de la tecnología de Drones Inteligentes, se encuentra la de prestar apoyo en áreas relacionadas con la salud pública, específicamente para servir como instrumento de monitoreo del distanciamiento social, promovido a propósito de la pandemia causada por COVID 19.

Palabras clave: drones autónomos; inteligencia artificial; visión artificial; salud pública; Sars-CoV-2; distanciamiento físico

Abstract

This work presents design and construction of an Intelligent Drone with Computer Vision and Autonomous Navigation capabilities. Materials, tools and procedure for assembling the device are described in detail, as well as its built-in Artificial Intelligence functionalities. Among the multiple benefits of Intelligent Drone technology, is that of providing support in areas related to public health, specifically to serve as a monitoring tool for social distancing, promoted in connection with the pandemic caused by COVID 19.

Keywords: *autonomous drones; artificial intelligence; artificial vision; public health; Sars-CoV-2; physical distancing*

1. Introducción

El coronavirus SARS-CoV-2 ha provocado una crisis de salud pública en prácticamente todos los países del mundo, llegando a convertirse en una pandemia en menos de 3 meses. Una de las principales características de este tipo de coronavirus es su alta capacidad de contagio, ya que se transmite de persona a persona a través de gotículas procedentes de la nariz o la boca cuando el individuo infectado tose o exhala. Por otra parte, las gotículas pueden caer sobre los objetos y superficies -incluida la ropa- y el virus puede permanecer activo en dichos ambientes durante varias horas, dependiendo del material receptor. SARS-CoV-2 también presenta una tasa relativamente alta de mortalidad entre la población infectada, causando serios problemas a los sistemas sanitarios.

La información más reciente ofrecida por la organización mundial de la salud (OMS), indica que el distanciamiento físico es una de las formas más eficientes de controlar la propagación del coronavirus SARS-CoV-2 en áreas públicas, esto debido a que mantener una distancia de uno a dos metros contribuye eficientemente a frenar la transmisión del virus. Por otra parte, es responsabilidad de un estado velar por la protección de la salud, logrando condiciones de bienestar y calidad de vida por medio de programas de protección para la salud y prevención de enfermedades. Teniendo en cuenta lo anterior, los gobiernos alrededor del mundo han dispuesto diversas medidas para mantener el llamado "distanciamiento social", el cual busca que las personas mantengan una distancia prudente, a fin de contener la expansión del virus (MinSalud, 2020).

La tecnología de drones está siendo utilizada en aspectos relacionados con salud pública, debido a sus capacidades de navegación en entornos rurales y urbanos, pudiendo recolectar información del ambiente para su análisis posterior o en tiempo real. También resultan útiles para tareas de transporte de medicamentos, exámenes clínicos e incluso transporte de órganos, sobre todo en áreas de difícil acceso. Recientemente, se ha documentado el uso de drones en investigaciones relacionadas con el comportamiento de enfermedades.

El grupo de investigación Osiris & Bioaxis de la Universidad El Bosque, ha venido desarrollando tecnología de Drones Inteligentes Autónomos, los cuales hacen uso de Inteligencia Artificial para implementar capacidades de Visión Artificial y Navegación Autónoma, con aplicaciones en múltiples áreas del sector comercial, productivo y de servicios. A través de su línea de investigación en Ingeniería para la salud y el desarrollo biológico, el grupo de investigación ha reflexionado sobre cómo la tecnología de Drones Inteligentes Autónomos puede apoyar efectivamente las estrategias para enfrentar la pandemia por SARS-CoV-2, encontrando múltiples situaciones en las que resultan de gran utilidad para mitigar los riesgos y contribuir efectivamente a contener la pandemia. Por ejemplo, las capacidades de visión artificial y navegación autónoma hacen posible utilizarlos para ayudar a las autoridades a controlar el distanciamiento social y a recoger valiosa información en terreno, útil para la creación de modelos y el diseño de nuevas medidas.

2. Componentes y materiales

Para la construcción del *Dron Autónomo Inteligente* fue necesario satisfacer un conjunto de requerimientos tendientes a garantizar la funcionalidad mínima deseada. En primer lugar, la capacidad para tomar decisiones autónomas exige que la mayoría del procesamiento de datos que el artefacto lee constantemente del ambiente sea llevada a cabo al interior del mismo, aunque el sistema este siendo monitoreado desde una estación en tierra (C. Kanellakis, et. al., 2017). El segundo requerimiento ha sido la incorporación de capacidades de Visión Artificial, cuyo procesamiento también es llevado a cabo en la tarjeta madre del Dron. Teniendo en cuenta estos dos aspectos, se ha realizado una evaluación de diferentes soluciones ofrecidas por el mercado; como resultado de esta búsqueda, se ha seleccionado la tarjeta programable NVIDIA Jetson Tx2 (P. Jsachs, 2017) para el procesamiento de información y la cámara estereoscópica ZED Stereo (Zed, 2020), la cual integra diversos algoritmos útiles para el análisis de video.

NVIDIA Jetson Tx2® corresponde a un sistema embebido diseñado para aplicaciones de Inteligencia Artificial en Sistemas Autónomos, proveyendo una alta capacidad de procesamiento en una tarjeta de tamaño reducido y relativo bajo peso, dadas sus prestaciones. La alta capacidad de procesamiento es posible gracias a una arquitectura Pascal en la GPU; en la CPU cuenta con dos núcleos NVIDIA Denver 2, provistos de cuatro núcleos Cortex-A57. La arquitectura posee una memoria RAM de 8GB de LPDDR4 y también cuenta con conectividad WLAN y Bluetooth. Por su parte, el Sistema Operativo de la tarjeta Jetson Tx2 ® está basado en Linux Tegra.

El segundo componente importante lo constituye la cámara *ZED Stereo* ®. Se trata de un sistema de captura de video estereoscópico, con prestaciones bastante útiles para su integración con Sistemas Inteligentes Autónomos. El módulo cuenta con múltiples sensores que le permiten tomar la orientación de la cámara y generar mapas 3D del ambiente, lo cual es posible por medio de un SDK, el cual da soporte a diferentes lenguajes de programación como C++ y Python. ZED También facilita la integración con Robot Operating System – ROS (H.Yoshida, et.al.,2015), lo que permite que el desarrollo de aplicaciones para esta cámara sea rápido y eficiente.

Para las diferentes maniobras de despegue, vuelo y aterrizaje, se ha utilizado una tarjeta controladora de vuelo Pixhawk (Pixhawk, 2020), la cual provee información sobre altitud y posición, además de diversas prestaciones para la navegación y control de vehículos aéreos no tripulados. Estos sensores y algoritmos son diseñados y mantenidos por el proyecto *Linux Foundation Drone Code*, el cual también ofrece comunicaciones por telemetría, permitiendo conectarse a otros dispositivos de hardware de forma física o remota.

Aparte de los componentes ya mencionados, la construcción del Dron requiere la integración de un conjunto de componentes mecánicos y electrónicos, entre los cuales destacan los motores sin escobillas GARTT de 700Kv, los cuales soportan un diferencial de potencial de hasta 16V y generan un torque de 1.5Kg cuando se encuentran al 70% de su capacidad; fueron necesarias 6 unidades para cumplir con la forma de un dron *hexacopter* coaxial y generar el torque total necesario para elevar el dron. La energía se obtiene de 2 baterías de polímero de iones de litio (Lipo), cada una con capacidad de 6000mAh, un voltaje de 14.8V y una tasa de descarga continua de 50C. El sistema también incluye un sensor de posicionamiento global – GPS y un medidor de voltaje para

las baterías. Fue muy importante asegurar la compatibilidad entre los diversos componentes, teniendo cuidado que los mismos cumplieran con los requerimientos de tamaño y peso adecuados para el sistema de vuelo. En este caso, se calculó que el peso de todos los componentes estaría entre 2.8kg a 4kg.

3. Impresión 3D

La estructura del Dron fue realizada con tecnología de impresión 3D, la cual permite llevar a cabo un diseño acorde con las necesidades de vuelo y de los componentes utilizados. Se utilizó la impresora 3D Artillery Sidewinder X1 ®, la cual permite un área de impresión de 30cm x 30cm y 40cm de altura, resultando muy conveniente para imprimir cada pieza completa. El tiempo estimado de impresión fue alrededor de 200 horas, incluyendo algunas operaciones de impresión fallidas (cada pieza tomaba entre 5 y 16 horas de impresión). Respecto al material de impresión, se utilizó un filamento de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS); este material fue seleccionado debido a su rigidez y relación peso/volumen adecuado para las necesidades de un Dron. Vale la pena mencionar que uno de los mayores problemas cuando se imprime con ABS es el llamado *warping*; este efecto hace que se doblen las esquinas de la pieza, lo cual ocurre por la diferencia de temperatura entre el ambiente y el objeto que se está imprimiendo. Para evitar el *warping*, es recomendable imprimir en un ambiente cerrado, el cual permita mantener una temperatura constante; en este caso, se utilizó una caja de madera.

Para la impresión del modelo fue necesario la utilización del software de impresión 3D *Ultimaker Cura* ®, el cual permite modificar los parámetros de impresión y después transformarlos en código "G", el cual es leído por la impresora 3D para imprimir el modelo.

4. Diseño del dron

El diseño del Dron se realizó con ayuda del software de modelado AutoDesk Fusion 360 (AutoDesk Fusion, 2020). Se optó por un modelo Hexacopter Coaxial, debido a que es uno de los tipos de Dron más compacto y que genera más torque con un diámetro reducido. El software de diseño 3D permitió hacer un modelo de precisión milimétrica, asegurando el correcto ensamblaje de los componentes y obteniendo una perspectiva real de cómo se vería el artefacto una vez impreso. La figura 1 muestra este proceso.



Figura 1. Proceso de impresión 3D del Dron

5. Aprendizaje Automático

Debido a que el sistema incorpora capacidades de Visión Artificial y Navegación a Autónoma, resulta indispensable utilizar técnicas y herramientas propias del Aprendizaje Automático para entrenar al Dron en estas tareas. Para generar los modelos, es necesario partir de un conjunto de datos de entrenamiento, los cuales son convenientemente transformados para utilizarlos como entrada en los algoritmos de aprendizaje; el resultado final, será un modelo capaz de llevar a cabo tareas de clasificación de imágenes. La figura 2 ilustra este proceso.

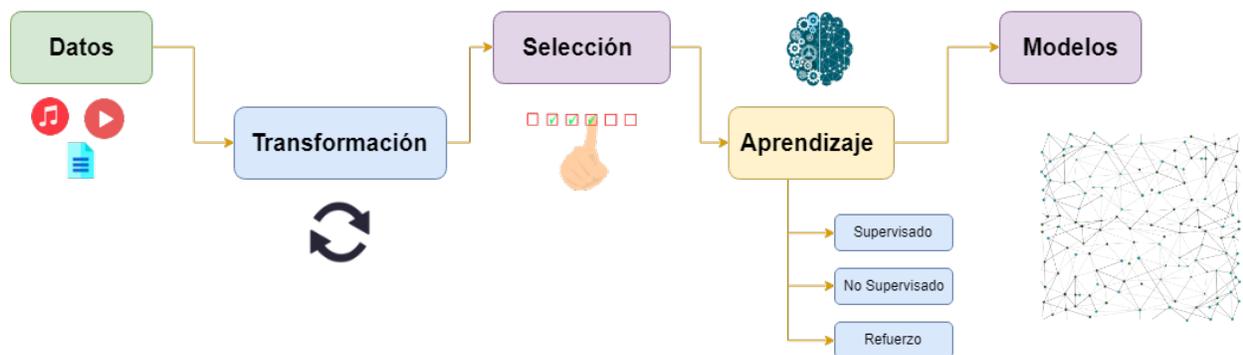


Figura 2. Proceso general para el Aprendizaje Automático

Los algoritmos de Visión Artificial permiten el desarrollo de tareas tales como el reconocimiento de objetos específicos -por ejemplo, personas-, el mapeo del entorno mientras el Dron se encuentra en vuelo y la determinación de posiciones, distancias y ángulos. En este punto, resultaron clave las prestaciones de la cámara ZED Stereo, la cual está en capacidad de proveer el video convenientemente transformado (en escala de grises, mapa de calor) para ser procesado por los algoritmos de visión artificial previamente entrenados.

6. Navegación Autónoma

Las capacidades de navegación autónoma constituyen uno de los retos más importantes en el diseño del Dron. La selección de las técnicas y algoritmos adecuados depende en gran medida del entorno donde se desempeñe, haciendo especial énfasis en la seguridad, ya que se trata de zonas públicas con alto tránsito de personas; otros obstáculos como antenas, postes y cables de electricidad, también han de ser tenidos en cuenta para evitar cualquier tipo de accidente durante las maniobras de despegue, aterrizaje y vuelo.

Después de evaluar diversas alternativas para implementar las capacidades de vuelo autónomo, se optó por utilizar una técnica de programación del plan de vuelo con una ruta predefinida. En este caso, se hace uso del Sistema de Posicionamiento Global - GPS para especificar una posición de inicio y una final, así como un conjunto de puntos intermedios entre ambos extremos. La ubicación precisa del artefacto en cada instante de tiempo es calculada aplicando el método de *trilateración*,

el cual utiliza las mediciones obtenidas de por lo menos 4 satélites. Una vez se ha calculado la posición, es necesario establecer otras variables de vuelo de gran importancia, tales como la orientación, dirección, velocidad y fuerzas gravitacionales actuando sobre el Dron; esto se logra gracias a la Unidad de Medición Inercial – IMU, con la que viene provista la tarjeta controladora de vuelo. Una vez se ha establecido que se vuela en la dirección correcta, se continua hacia el siguiente punto de la ruta programada, de lo contrario, se realizan los ajustes necesarios hasta alcanzar dicho punto. Este proceso se repite hasta que el dron termine la ruta de vuelo y logre aterrizar de forma exitosa.

7. Visión Artificial

El sistema de Visión Artificial se encarga de adquirir, transformar, y analizar las imágenes tomadas del entorno -video- a fin de transformarlas en información útil para la navegación y para los propósitos de la misión de vuelo.

Para la identificación y seguimiento de objetos en un *stream* de video, la literatura dispone de una amplia gama de algoritmos, en su mayoría basados en el uso de Redes Neuronales Convolucionales y Máquinas de Soporte Vectorial. Técnicas como la *segmentación semántica* (Y.He, et. al., 2019), permiten la identificación de objetos a partir de un conjunto de Redes Neuronales específicamente entrenadas para tal fin. Es muy importante tener en cuenta que la tarjeta Jetson TX2 posee una capacidad de procesamiento ciertamente limitada, por lo que resultó necesario probar con varios algoritmos para lograr una respuesta adecuada en tiempo real, sin llegar a saturar la capacidad del hardware disponible. Después de realizar diversas pruebas de rendimiento a partir de diferentes técnicas e implementaciones de algoritmos en tiempo real, se decidió utilizar el algoritmo de visión conocido como YOLO.

YOLO (*You Only Look Once*), corresponde a una técnica de reconocimiento de objetos en tiempo real, basado en el uso de Redes Neuronales Convolucionales para llevar a cabo una regresión (V. Sze, et. al., 2017). Para lograr su objetivo, YOLO divide cada imagen muestreada del video en un conjunto de subcuadrículas, a cada una de las cuales se asigna una probabilidad de representar un objeto específico; la red es entrenada para determinar la probabilidad de que una subcuadrícula -caracterizada por su centro, alto y ancho- contenga un objeto de determinada clase. En la figura 3 se ilustra este proceso (J. Redmon, et. al., 2018). El Dron utiliza la versión 3 de YOLO y las imágenes de entrenamiento fueron tomadas de la base de datos *Common Objects in Context* – COCO, la cual provee una gran cantidad de imágenes convenientemente etiquetadas para ser usadas en el entrenamiento de modelos de clasificación.

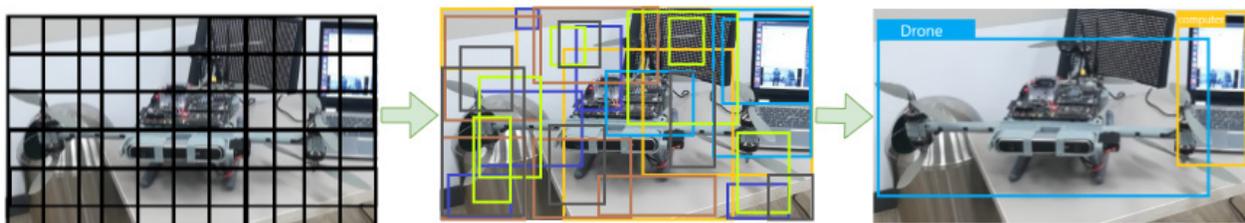


Figura 3. Algoritmo YOLO

8. Medición de la distancia entre personas

Como se mencionó antes, el caso de uso para probar el funcionamiento articulado de todos los subsistemas del Dron es la medición del distanciamiento social impuesto por la pandemia del COVID 19. En el área de Visión Artificial existen múltiples técnicas para la medición de ángulos, distancias y posiciones de objetos en imágenes de video. Así, es posible utilizar técnicas de reconstrucción de la escena 3D o métodos completamente analíticos, basados en la aplicación de fórmulas de geometría analítica y álgebra lineal. Nuevamente hubo que optimizar los requerimientos de procesamiento para los cálculos, cuidando de no superar los límites impuestos por el hardware, el cual ya se encuentra fuertemente exigido por las funcionalidades de vuelo autónomo y procesamiento de video.

Para medir la distancia, el primer paso consiste en reconocer a las personas, para lo cual se utiliza el algoritmo YOLO, explicado antes. La profundidad -distancia de las personas a la cámara- se obtiene directamente de la cámara ZED, la cual integra esta funcionalidad. Los datos son representados en un espacio 3D cuyo origen de coordenadas esta situado en la posición de la cámara, de tal forma que el eje x corresponde al campo de vista horizontal, el eje y es el campo de visión vertical y el eje z es la recta entre la cámara y el centro de la imagen. De esta forma, la posición de cada persona en la escena queda completamente determinada por un vector en el espacio descrito (ver figura 4).

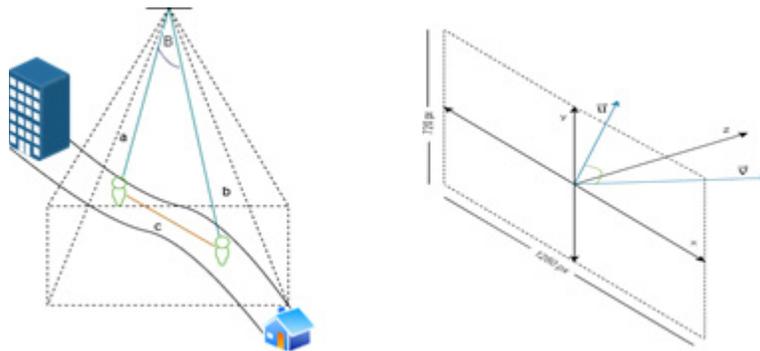


Figura 4. Relaciones geométricas para determinar la distancia

Para hallar el ángulo entre cualquier par de vectores \mathbf{u} y \mathbf{v} -correspondientes a personas-, basta aplicar la conocida fórmula del coseno:

$$\cos(\theta) = \left(\frac{u_x v_x + u_y v_y + u_z v_z}{|\mathbf{u}| |\mathbf{v}|} \right)$$

Finalmente, la distancia c entre dos personas es obtenida utilizando la ley de los cosenos:

$$c = \sqrt{|\mathbf{u}|^2 + |\mathbf{v}|^2 - 2|\mathbf{u}| |\mathbf{v}| \cos\theta}$$

9. Arquitectura del Sistema bajo el Framework Robot Operating System (ROS)

Robot Operating System - ROS, corresponde a un *framework* cuyo objetivo es simplificar la creación de sistemas robóticos complejos y robustos (Anis, 2020). ROS propone una metodología de desarrollo, a la vez que provee un número importante de librerías y aplicaciones diseñadas para este fin. Los proyectos basados en ROS están organizados en paquetes, facilitando la reutilización y una adecuada modularidad. Cada proyecto utiliza un conjunto de nodos -escritos en C++ o Python-, los cuales publican y reciben información entre sí. La comunicación entre nodos se realiza mediante el protocolo TCP/IP, de tal forma que la información publicada por un nodo puede estar siendo utilizada simultáneamente por los demás. A partir de lo anterior, fue necesario desarrollar una aplicación ROS para la tarjeta NVIDIA Jetson Tx2. El componente de vuelo autónomo está basado en la librería MAVROS, la cual permite extraer y modificar toda la información enviada por la tarjeta controladora de vuelo Pixhawk, a través de un protocolo conocido como MAVLink; este componente también controla el cumplimiento de misiones por medio de coordenadas GPS. La cámara ZED Stereo también es administrada a través de un conjunto de nodos ROS, cada uno de los cuales está asociado a una funcionalidad específica de la cámara. El sistema completo, incluye una aplicación que permite monitorear en tierra el comportamiento del Dron (Anis, 2020). La figura 5 ilustra la arquitectura general del sistema.

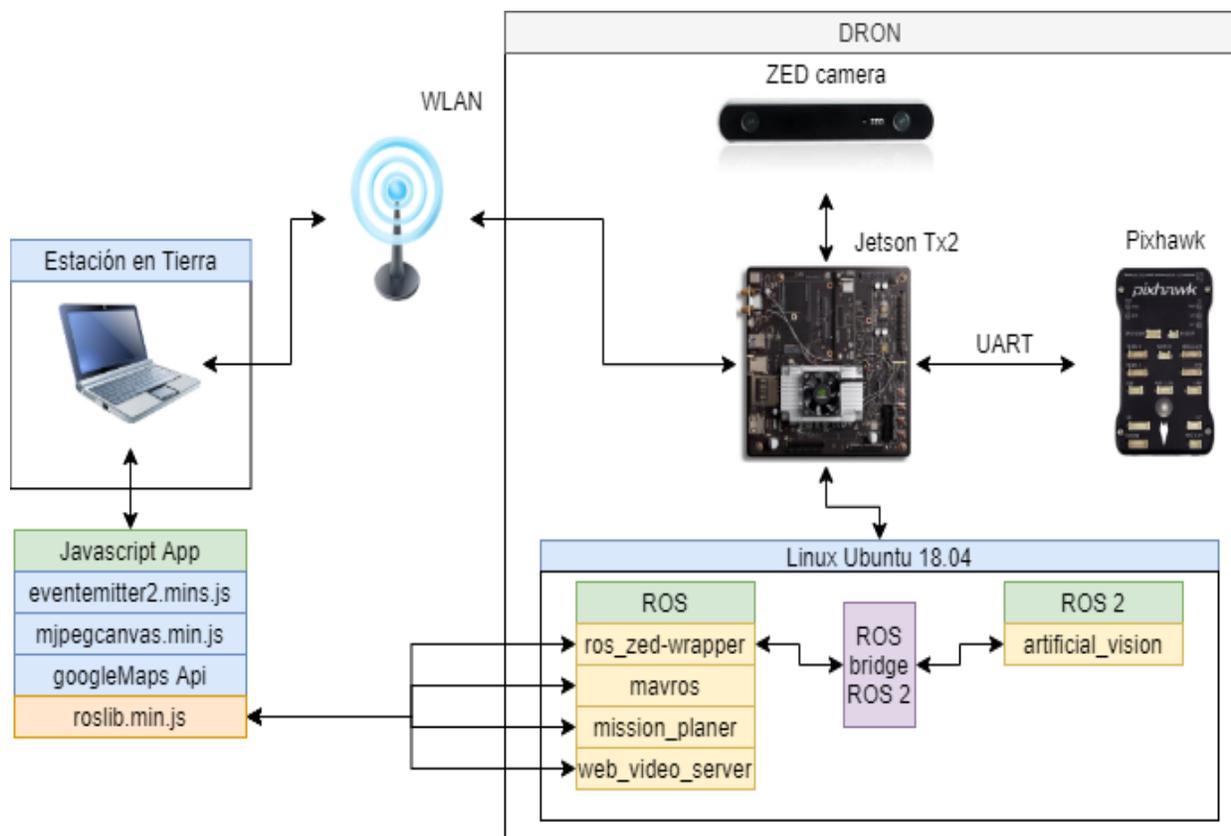


Figura 5. Arquitectura general del sistema

10. Estación en tierra

Para completar el sistema, fue necesario el desarrollo y uso de una aplicación Web, la cual permite especificar el plan de vuelo, monitorear las diversas variables y visualizar el *stream* de video. La aplicación utiliza la librería de JavaScript VUE.js (Roslib, 2020), la cual facilita la comunicación con ROS vía WebSockets. Finalmente, la aplicación también está integrada con *Google Maps* (Maps, 2020), permitiendo a los usuarios establecer fácilmente los puntos de navegación del Dron y realizar seguimiento sobre el alcance los mismos.

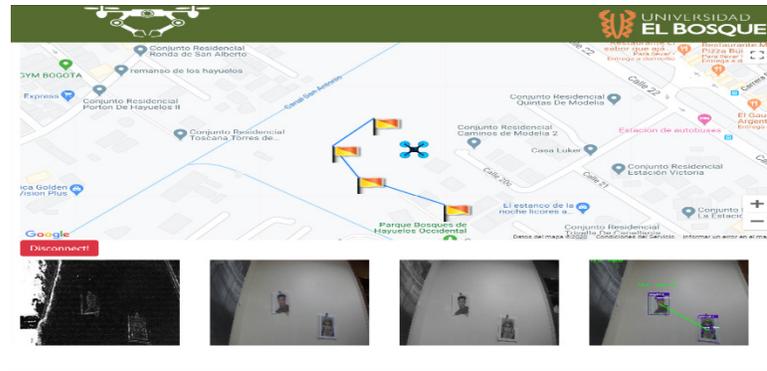


Figura 6. Software para monitoreo en tierra

11. Resultados alcanzados

La tabla 1 resume las principales características del dron, una vez finalizado su ensamblaje y pruebas iniciales.

Variable	Valor	Variable	Valor
Peso	4.1 Kg	Distancia máxima con estación en tierra	60 m
Distancia diagonal entre ejes	500 mm	Temperatura de funcionamiento	20 - 54 °C
Tiempo de vuelo	14 min	Velocidad máxima en ascenso	5 m/s
Autonomía de vuelo Vertical	20 m	Velocidad máxima. en descenso	3 m/s
autonomía de vuelo Horizontal	60 m	Velocidad máxima	51 km/h

Tabla 1. Principales características del Dron

Tomando en cuenta la gran cantidad de procesamiento requerido por los diversos subsistemas a bordo del Dron, resultó de suma importancia lograr un diseño que permitiera alcanzar los objetivos propuestos sin rebasar las capacidades de procesamiento del hardware. De esta forma, se puede considerar como éxito haber alcanzado un uso de entre el 60% y 80% de las CPU, con todas las funcionalidades trabajando simultáneamente. La figura 7 muestra el comportamiento del uso de las CPU.

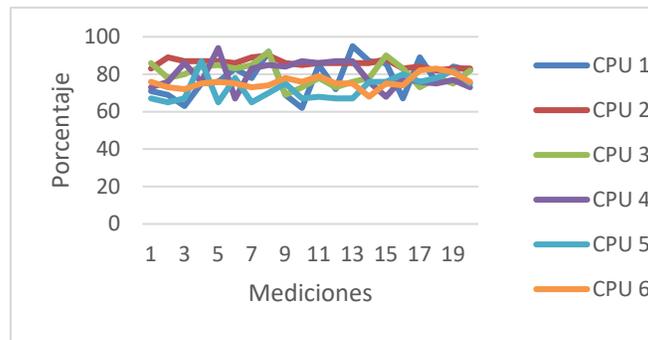


Figura 7. Uso de la CPU

Respecto a la efectividad del algoritmo de reconocimiento de objetos y medición de la distancia entre las personas, se logró una velocidad de procesamiento de entre 10 y 15 cuadros por segundo – FPS, con un retardo de entre 0.25 y 0.4 segundos, es decir, el tiempo transcurrido entre la toma de la imagen y el resultado de determinar si hay personas y la distancia entre ellas (Ver figura 8). Al momento de reportar este avance de investigación, el error medio en la medición del distanciamiento varía entre el 15% y 30%.

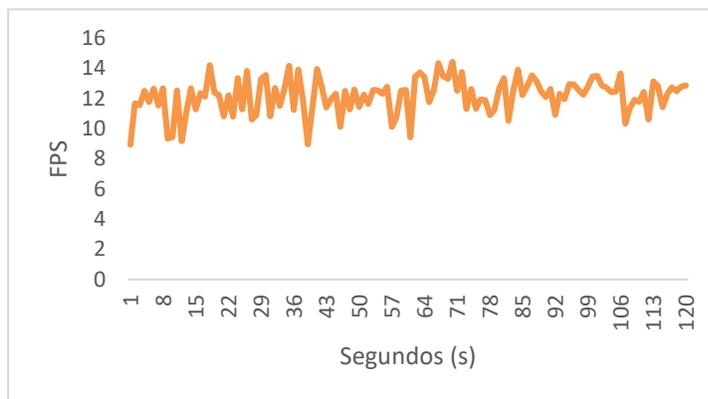


Figura 8. (Izq.) Número de cuadros procesados por segundo. (Der) Medición del distanciamiento

12. Conclusiones

Si bien la tecnología de drones está ampliamente desarrollada y disponible en el mercado, su integración con técnicas propias de Inteligencia Artificial, logrando un nivel aceptable de autonomía, aún resulta un desafío de ingeniería. Este proyecto exigió la aplicación de múltiples habilidades y conocimientos en diseño e impresión 3D, visión artificial, aprendizaje automático, matemáticas, electrónica y desarrollo de software. Es realmente destacable que se haya desarrollado a nivel de pregrado en Ingeniería de Sistemas.

El uso de ROS ha sido un factor clave para el éxito del proyecto. Al principio, se consideró en llevar a cabo la integración de todos los subsistemas de forma manual, pero el descubrimiento, asimilación y uso de ROS marco un hito importante, conduciendo al diseño de una arquitectura flexible, escalable y eficiente. Hubo que solucionar múltiples inconvenientes de incompatibilidad entre ROS y diversas librerías de Inteligencia Artificial, pero el resultado final fue satisfactorio en términos de desempeño. También vale la pena destacar el amplio catálogo de librerías disponibles para ROS, las cuales brindan soluciones apropiadas a los problemas habituales en el desarrollo de sistemas robóticos.

Aunque el proyecto no fue pensado desde el principio como una herramienta de ayuda para enfrentar la pandemia del COVID 19, sus prestaciones basadas en Inteligencia Artificial permitieron ponerlo rápidamente al servicio de la situación. Esto ha llevado al equipo de investigación a abrir aún más la perspectiva sobre las innumerables aplicaciones de estas tecnologías en múltiples contextos, despertando el interés en el desarrollo de nuevos proyectos de investigación y emprendimiento empresarial. Queda claro que en Colombia hay un mercado enorme para estos productos y talento académico para su desarrollo exitoso.

Para bien o para mal, el desarrollo cada vez más acelerado de Sistemas Inteligentes Autónomos es una realidad imparable, con profundos efectos en la sociedad humana. El mejoramiento continuo en hardware para sistemas embebidos, aunado a tecnologías como el 5G y algoritmos de Inteligencia Artificial, sin duda traerá una nueva era.

13. Referencias

Artículos de revistas

- C. Kanellakis and G. Nikolakopoulos. (2009). Survey on Computer Vision for UAVs: Current Developments and Trends, Vol. 87. pp. 141–168.
- H. Yoshida, H. Fujimoto, D. Kawano, Y. Goto, M. Tsuchimoto, and K. Sato. (2015). Range extension autonomous driving for electric vehicles based on optimal velocity trajectory and driving braking force distribution considering road gradient information. pp. 4754–4759.
- J. Redmon and A. Farhadi. (2018). "YOLOv3: An Incremental Improvement.
- P. Jsachs. (2017). Jetson TX2 Developer Kit. pp. 1–24.
- V. Sze, Y. H. Chen, T. J. Yang, and J. S. Emer. (2017). Efficient Processing of Deep Neural Networks: A Tutorial and Survey. vol. 105, no. 12, pp. 2295–2329.
- Y. He, I. Ahmad, L. Shi, and K. H. Chang. (2019). SVM-based drone sound recognition using the combination of HLA and WPT techniques in practical noisy environment. vol. 13, no. 10, pp. 5078–5094.

Fuentes electrónicas

- Fusion 360 for Students & Educators: Online CAD/CAM Design Software. (2020, mayo). consultado el 31 de mayo del 2020 en: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators>

- *Google Javascript API*. (2020, mayo). consultado el 31 de mayo del 2020 en: <https://cloud.google.com>
- "Get Started with ZED," *Stereolabs*. (2020, mayo). consultado el 31 de mayo del 2020 en: <https://www.stereolabs.com/docs/getting-started/>.
- Ministerio de Salud and Protección Social de Colombia. (2020 ,Marzo) "Distanciamiento físico para romper la cadena de transmisión del coronavirus consultado el 31 de mayo del 2020 en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Distanciamiento-fisico-para-romper-la-cadena-de-transmision-del-coronavirus.aspx>
- *Pixhawk PX4 v1.9.0 User Guide*. (2020, mayo). consultado el 31 de mayo del 2020 en: https://docs.px4.io/v1.9.0/en/flight_controller/pixhawk.html
- *ros.org*. (2020, mayo). consultado el 31 de mayo del 2020 en: <http://wiki.ros.org/roslib>
- University College of CS & Informat, "Anis Koubaa". (2020, mayo) en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-54927-9>

Sobre los autores

- **Andrés R. Beltrán Casanova:** Estudiante de Ingeniería de Sistemas. Universidad El Bosque. arbeltranc@unbosque.edu.co
- **Fran E. Romero Álvarez:** Ingeniero de Sistemas, Matemático, Magíster en Modelado y Simulación. Profesor asistente – Universidad El Bosque. fromeroa@unbosque.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)