



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y TELEMÁTICA

**Sistema de seguridad residencial en zona de expansión urbana y monitoreo
autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero
de Sistemas y Telemática**

Autores:

Marco Andrés Banegas Guerrero

William Orlando Villa Villa

Director:

ING. PAUL ESTEBAN CRESPO MARTÍNEZ, MBA.

CUENCA – ECUADOR

2018

Resumen

En este trabajo se propone un mecanismo de monitoreo autónomo apoyado en las tecnologías de la información y sistemas telemáticos, para monitorear la zona exterior de la vivienda e identificar incidentes de seguridad dentro de su perímetro. Para ello se implementó un sistema de seguridad y monitoreo autónomo, considerando las siguientes etapas: i) análisis geográfico de la vivienda y su perímetro; ii) implementación del sistema de alarma con sensores de movimiento para la activación, trazado de ruta y vuelo del drone; iii) ensamblaje y programación del drone, iv) configuración del streaming. Con los resultados obtenidos, constatamos que es posible incrementar la seguridad de un hogar usando drones bajo ciertos parámetros, mientras el usuario se encuentra en cualquier parte del mundo.

Palabras clave: Drones, Vigilancia, Pixhawk, Autónomo

Residential security system in an urban expansion area and autonomous monitoring using an unmanned aerial vehicle.

Abstract. -

In this work, an autonomous monitoring mechanism was proposed based on information technologies and telematic systems to monitor the outside area of the home and identify security incidents within its perimeter. To this end, an autonomous security and monitoring system was implemented in consideration of the following stages: i) geographical analysis of the home and its perimeter; ii) implementation of the alarm system with motion sensors for the activation, route tracing and flight of the drone; iii) drone assembly and programming, iv) streaming configuration. With the obtained results it was found that it was possible to increase the security of a home while the user is anywhere in the world using drones under certain parameters.


Ana Isabel Andrich
UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by
Ing. Paul Arpi

1. Introducción

En la actualidad, el uso de drones o vehículos no tripulados se ha generalizado [1], lo que ha permitido que esta tecnología se implemente para realizar tareas de forma autónoma y eficaz en diferentes campos [2] [3]. En Latinoamérica, y sobre todo en Ecuador, la delincuencia es un inconveniente que año tras año ha aumentado debido a la falta de empleo, migración o al constante incremento del costo de vida. En este país, según CEDATOS, el 60% de las situaciones delictivas hacen referencia a robos o asaltos, y un 12% a los robos en domicilios [4]. Esto sugiere la necesidad de buscar una solución que contribuya con la mitigación de este problema delictivo.

La revisión sistemática de literatura realizada enseña que los drones son utilizados en: i) la detección y vigilancia de incendios[5]; ii) la vigilancia de fronteras [6]; y iii) la búsqueda y rescate de víctimas de terremotos [7][8]. Como se puede apreciar, prioritariamente han sido usados para que los seres humanos puedan monitorear y acceder a lugares peligrosos o de difícil acceso, principalmente empleados como centinelas. La monitorización de eventos es posible y factible con la implementación de drones [9]; sin embargo, no se han localizado trabajos en los que se usen como un mecanismo de monitoreo autónomo para controlar una zona específica de una vivienda, con el fin de identificar alguna anomalía o incidente de seguridad dentro del perímetro.

Con lo mencionado anteriormente, se ha propuesto el desarrollo de un prototipo del sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado. Para la aplicabilidad de los drones en materia de aseguramiento perimetral residencial, se propone un sistema que integra dispositivos de seguridad, alarmas y comunicación en tiempo real. El presente trabajo resume la experiencia adquirida en la integración tecnológica de componentes mecánicos, electrónicos y de software para construir un drone [10]–[12] que presenta entre sus características vigilancia [13], vuelo autónomo [14] y transmisión de video en tiempo real [15].

En este documento, se describen los pasos realizados para cumplir el objetivo, siendo estos: i) la revisión sistemática de literatura en la que se utilizará el método explicado en el de Bárbara Kitchenham [16], ii) descripción de los componentes utilizados, tanto en el ensamblaje del drone como para el sistema de seguridad, iii) la arquitectura y el software empleados para la programación, la configuración del drone y el sistema de seguridad; iv) la implementación del sistema y pruebas del mismo; v) la discusión a los resultados obtenidos; y finalmente vi) las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

2. Método

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internet de las cosas

Según el IEEE (por sus siglas en inglés Institute of Electrical and Electronics Engineers), la IoT (por sus siglas en inglés Internet of Things) es un nuevo concepto informático en el que se establece que todo elemento tangible no biológico puede ser conectado a Internet, volviéndolos cosas intangibles, programables y con la capacidad de interactuar con las personas [17]; mientras que los autores V. Piuri and R. Minerva en su artículo [18] lo tratan como un conjunto de sistemas que abarca sistemas de sensores, circuitos, comunicaciones, interfaces inteligentes, administración de energía, administración de datos, administración de conocimiento, sistemas en tiempo real, procesamiento distribuido, diseño de sistemas y sofisticadas técnicas de software que ocupan Big Data que trabajan de manera coordinada para hacer que el entorno sea inteligente, utilizable y programable.

Además, J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, y M. Palaniswami [19] hablan sobre el paradigma de Internet de las cosas y como en el futuro los muchos que nos rodean estarán en la red conectados entre sí, enviando y recibiendo información sobre todo el entorno. Se incrementará el uso de la radiofrecuencia (RDFI) y las tecnologías de redes de sensores para cumplir con este desafío, lo cual permitirá integrar los sistemas de comunicación de forma invisible, traduciéndose en la generación de enormes cantidades de datos e información que deberá almacenarse, procesarse, consumirse y presentarse de manera transparente, eficiente y de fácil interpretación para que el conocimiento sobre esta área aumente. Mediante el uso de la computación en la nube, se puede obtener un modelo de costos basado en el suministro de servicios de extremo a extremo para que las empresas y los usuarios accedan a las aplicaciones o funciones deseadas desde cualquier lugar del mundo.

En los últimos tiempos las organizaciones han estado pasando por un gran cambio como consecuencia de la aparición y soporte de nuevas tecnologías, según [20] los robots, drones y las impresoras en 3D han logrado crear valor agregado a los clientes, llamando al sector de desarrolladores y fabricantes de chips, sensores y software, así como de tecnologías que permiten la transmisión de datos entre estos diferentes dispositivos. Si bien todo esto es una gran oportunidad para crear modelos de negocio exitosos, este tipo de emprendimientos exige poseer un amplio conocimiento y experiencia en tecnología; por lo que, para varias organizaciones no tecnológicas, la tarea de proporcionar soluciones completas basadas en Internet de las cosas puede resultar una tarea no sencilla.

2.1.2. Evolución del drone

Los vehículos aéreos no tripulados (sus siglas en inglés VANT o UAV) o más conocidos como drones, son dispositivos electrónicos cuyo principal objetivo volar sin la intervención de un operador. La historia del drone se inicia en 1989, donde el ejército austriaco desarrolló globos con explosivos que dependían del factor climático y el viento. Luego los drones se desarrollaron de la mano de bombas guiadas, que fueron el origen de los misiles crucero de la actualidad, pero fue en 1944 donde Estados Unidos empleo el drone OQ-2 en ataques aéreos [21]. Israel realizó un diseño de un pequeño avión no tripulado que obtuvo como resultado la destrucción de una base enemiga en 1982, por lo que Israel y los Estados Unidos trabajaron en conjunto sobre nuevos diseños de aviones no tripulados, obteniendo como resultado la toma de fotografías de las bases enemigas, demostrando así su versatilidad y fiabilidad [21] [22].

El impacto que han causado estos equipos en los últimos años ha sido relevante, ya que cada vez son más utilizados por empresas y gobiernos. El hardware tal vez es el cambio más evidente, ya que en el mercado se puede encontrar una gran variedad de modelos de distintos tamaños y la incorporación de distintos sensores para la detección de obstáculos evitando así que sufra una colisión [23].

Anil Nanduri director general del segmento UAV de Intel, menciona que la “seguridad será una tarea fundamental para el futuro del drone como lo es también para todo dispositivo que esté conectado a Internet”. También menciona que “se puede utilizar esta tecnología en inspecciones industriales, agricultura y servicios de seguridad pública”, que, gracias a la visión por computadora y la inteligencia artificial, permitirá que su uso sea más fácil y seguro [24][25].

El principal inconveniente que se tiene al adquirir un drone fabricado es la manipulación y modificación de su código fuente; ya que, por seguridad los distintos fabricantes no entregan esta facilidad. Si se quiere personalizar el comportamiento del drone para que realice actividades puntuales, la solución más viable resulta en construir un drone con componentes que permitan la programación abierta. En el mercado se pueden encontrar diversos tipos de controladoras de vuelo para drone; como, por ejemplo: Pixhawk [10], DJI [26], APM [27] entre otras.

Tabla 1

Comparación de controladoras de vuelo para drone

	Pixhawk	Naza-M Lite - APM
	DJI	
Procesador	32-bit STM32F427 Cortex® M4 core con FPU 168 MHz	32-bit NEO-M8N Microcontroladores ATMEGA2560 16-bit
RAM	2 MB	2 MB 1 MB
Módulos de salida	Giroscopio de 3-ejes 16-bit. Acelerómetro/magnetómetro. 3-ejes 14-bit. Acelerómetro/giroscopio de 3 ejes Invensense® MPU 6000. Barómetro MEAS MS5611	3 Brújula Sensor barométrico Giroscopio Acelerómetro de 3 ejes
PVP	\$ 65	\$ 80 \$ 75

Nota. Las características y precios referenciales fueron tomados de las páginas oficiales de los fabricantes de los dispositivos en mención.

2.2. Revisión sistemática de literatura

El procedimiento usado para realizar el SLR según la guía de Kitchenham [16] consistió en: i) Conocer los temas específicos que se van a abordar, ii) Identificar los términos o palabras clave para el proceso de investigación los cuales ayudaron a facilitar la búsqueda de información, iii) Ejecutar la revisión de literatura usando las siguientes cadenas de búsqueda "Abstract": drone AND ("Abstract": security OR "Abstract": surveillance), iv) la lectura de la sección de resumen del documento para determinar su grado de utilidad en la investigación; y v) la lectura completa de los documentos resultantes que contribuyen a extender el campo de conocimiento.

Las cadenas de búsqueda utilizadas fueron las siguientes:

Tabla 2

Cadenas de búsqueda

Revista	Cadena de búsqueda
ACM	(recordAbstract:(+"drone")) AND ((recordAbstract:(+"security")) OR (recordAbstract:(+"monitoring")))
IEEE	"Abstract":drone AND ("Abstract":security OR "Abstract":surveillance)
Springer Link	Título del documento: “drone en la seguridad” Todas las palabras: drone or security or surveillance or monitoring

Para establecer las cadenas de búsqueda se consideraron las palabras clave: i) drone; ii) seguridad; y iii) monitoreo.

Adicionalmente se consideró la palabra Pixhawk, con el objetivo de identificar literatura relacionada con esta tecnología.

2.3. Propuesta tecnológica

Se buscó la forma de brindar el servicio de monitoreo para luego diseñar e implementar 3 componentes: i) sistema de monitoreo, ii) sistema de vigilancia y ii) servidor web y App Móvil.

2.3.1. Descripción del diseño del sistema de monitoreo.

El objetivo de este sistema es monitorear una vivienda que ha sido vulnerada por un desconocido de forma autónoma para que una no este monitoreándola físicamente todo el tiempo. El sistema está compuesto por una alarma, un drone, enlace a Internet y el servicio en la nube para la transmisión de video (streaming). Con esta plataforma se desarrolló un software para el manejo de la alarma, el vuelo autónomo del drone y la transmisión de video en tiempo real y su difusión en la nube.

2.3.1.1. Segmento 1: Sistema de monitoreo.

En la Ilustración 1, se presenta un inmueble que contiene el sistema de alarma equipada con sensores de movimiento, panel central, sirena y un módulo de comunicación IP. Cuando los sensores de la alarma detectan alguna intrusión en el perímetro, se envía una señal al drone mediante el módulo de comunicación vía IP mediante un Router.

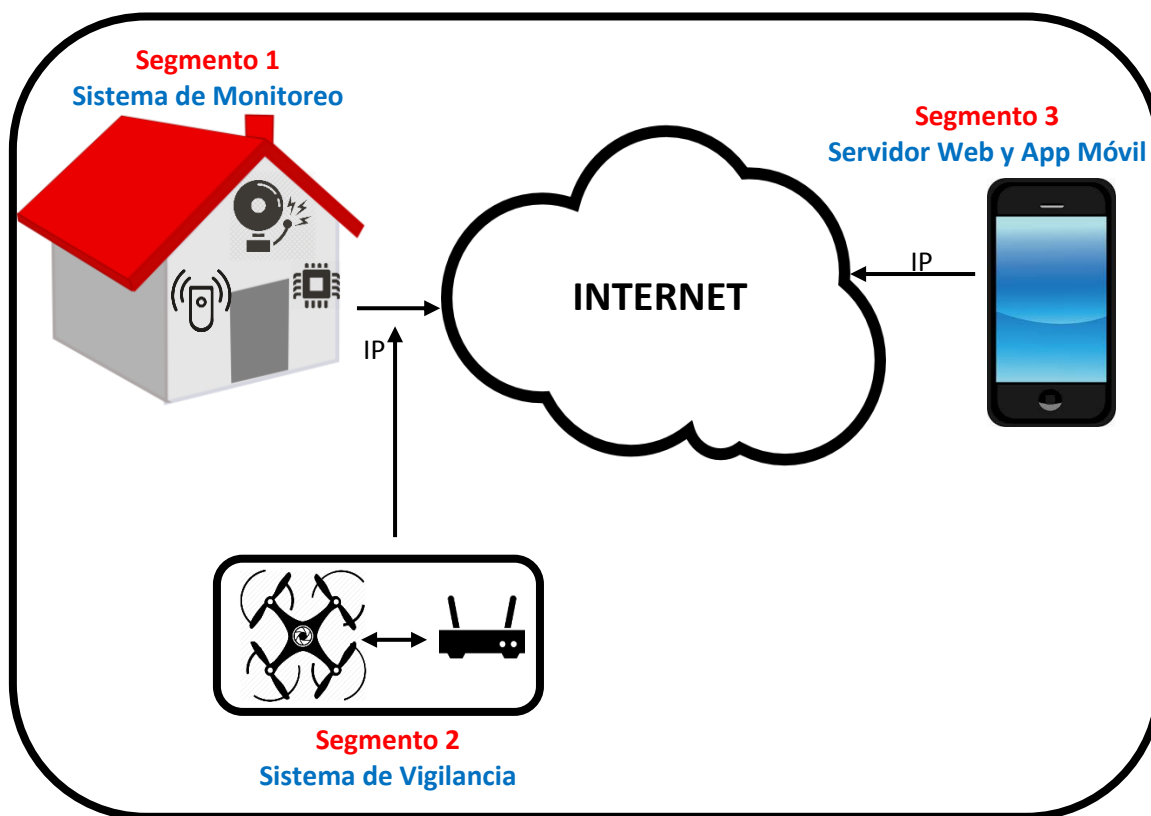


Ilustración 1. Esquema de funcionamiento

2.3.1.2. Segmento 2: Sistema de vigilancia.

El vehículo aéreo no tripulado estará ubicado en una zona estratégica en el inmueble, el mismo recibirá y se apoyará en la información enviada por la alarma para realizar un vuelo autónomo con la trayectoria al sensor que envió la señal de alerta; se realizará un monitoreo de toda la zona para la identificación de la razón que originó la activación del sensor de movimiento y al mismo tiempo transmitir toda la información capturada por la cámara en tiempo real al dispositivo móvil.

2.3.1.3. Segmento 3: Servidor Web y App Móvil.

En el servidor web se agregó un servicio de difusión de contenido multimedia el cual permitirá obtener la información enviada por el dron para ser presentada en el dispositivo móvil, así el usuario final podrá ver en tiempo real lo que está pasando en el inmueble.

2.3.2. Implementación del prototipo

En la implementación del prototipo se utilizó un dispositivo Arduino para el sistema de monitoreo, para el dron se utilizó una controladora de vuelo Pixhawk, la cual es gestionada mediante un dispositivo Raspberry PI; y para la propagación de video mediante difusión (streaming), se utilizaron las plataformas de Twitch y de Firebase.

En el segmento 1 de la Ilustración 2, se muestra un sistema de alarma que está incorporado por i) sensores de movimiento; ii) una bocina; y iii) el panel central (Arduino). Para el ensamblaje, se hace referencia a la sección “2.3.3 - Ensamblaje de la Alarma”. El panel central estará conectado a un router mediante un cable de red, para así realizar la comunicación con el drone.

En el segmento 2, se implementó un drone que será controlado mediante un Raspberry Pi y estará conectado al router inalámbrico para obtener la información que enviará el sistema de alarma. En el Raspberry Pi se implementó un software que controla de forma autónoma el vuelo con distintas trayectorias que estarán almacenadas en el Raspberry Pi; también estará conectada una cámara que se activará cuando el drone inicie el vuelo, y toda la información capturada por la cámara será enviada al Servidor Web mediante un enlace de Internet. Para información relacionada con el ensamblaje y la programación del drone, haga referencia a los anexos de la sección 4.3.4 Ensamblaje del drone.

Finalmente, en el segmento 3, se utilizaron las plataformas de Firebase y twitch para implementar

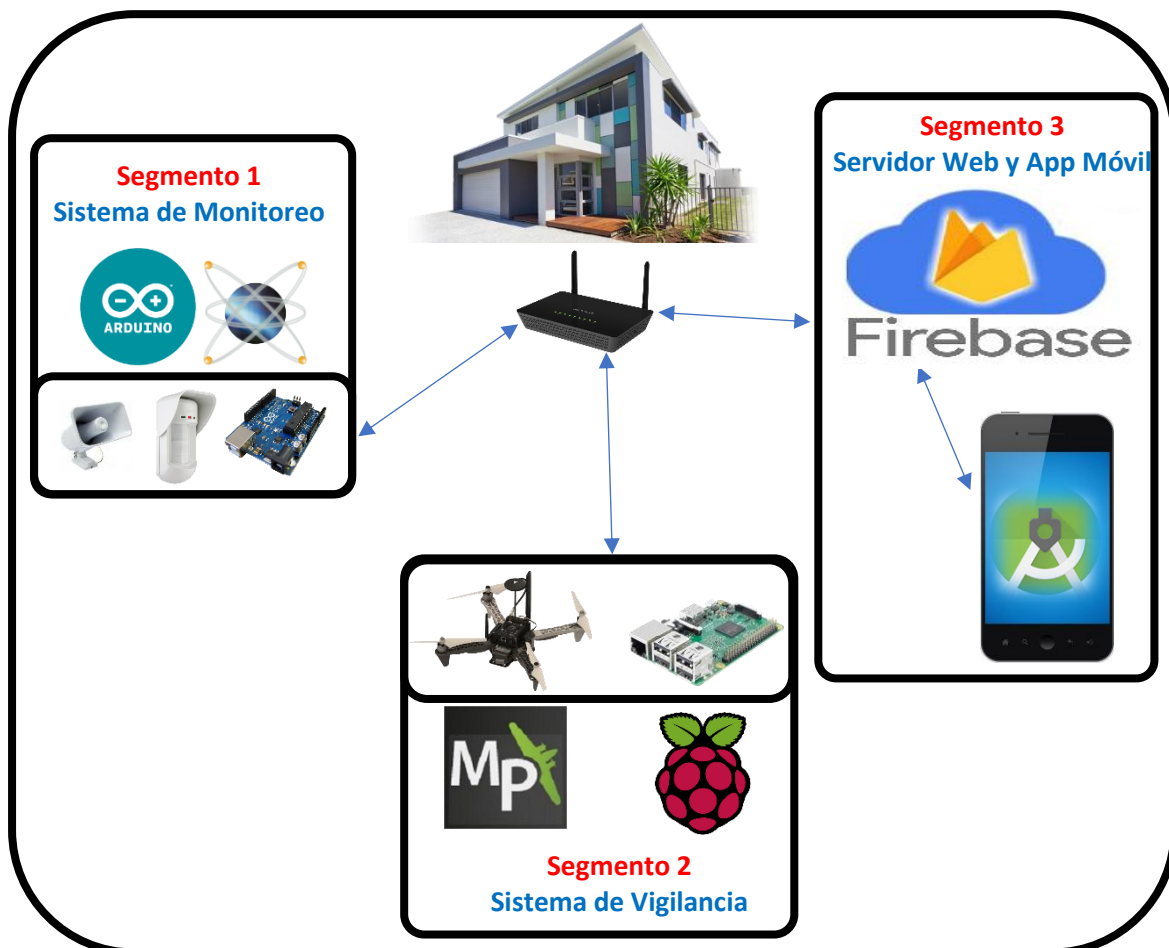


Ilustración 2 Esquema prototipo del sistema

el servicio de streaming y la App Móvil que permitirá visualizar en tiempo real lo que captura la cámara que está incorporada en el drone.

2.3.3. Ensamblaje de la Alarma

Para ensamblaje de la alarma se ocuparon los siguientes componentes:

- A. PIR Motion Sensor: Un sensor de movimiento con un radio de alcance de 15m.
- B. Arduino UNO: Control de mando para la alarma en el cual están conectados todos los sensores de movimiento.
- C. Sirena para alarma que indicará que la alarma se ha encendido.

Los sensores de movimiento y la sirena van conectados directamente al control de mando, si un sensor de movimiento se activa, este envía la señal al control de drone para que realice el monitoreo correspondiente. Para ver el código que se implementó en este sistema, refiérase al anexo “Código del sistema de alarma”.

2.3.4. Ensamblaje de drone

Para el ensamblaje del drone se utilizaron los siguientes componentes:

- A. Controlador de vuelo: la controladora de vuelo es la parte más importante del drone [24]; gracias a la facilidad de programación y fácil en ensamblaje se optó por *Pixhawk 2.4.8* con las siguientes características: procesador de 32 bits STM32 F427 Cortex M4, con unidad de procesamiento de punto flotante de hardware, principal de frecuencia: 168 MHz, RAM de 2M, sensor digital de 16 bit giroscopio de 3 ejes, acelerómetro de 14 bits/magnetómetro y barómetro de alta precisión [10].
- B. Estructura para drones: en el mercado hay una gran cantidad de estructuras de protección para drones, se utilizará *Marco RipaFire® F450 de cuatro ejes* ya que brinda el suficiente espacio para incorporar todos los componentes necesarios para el ensamblaje del drone.
- C. Hélices: las hélices se seleccionan dependiendo del tamaño del drone que se va a construir, en este caso las seleccionadas son *Hélices de 10 Pulgadas 1045 Propeller 10in 10×4.5 CW/CCW For Quadcopter And Multirotor*.
- D. Motores para drones: los motores seleccionados son *Tiger Motor mt2208* por el poco consumo de voltaje, trabaja a 11.6 voltios con una corriente máxima de 12A, se recomienda utilizar batería de Litio 3-4S [28]
- E. ESC (Controladores Electrónicos de velocidad) para los motores: tomando en cuenta los motores seleccionados los ESC que se utilizará son los *Turnigy Plush de 30Amp*.
- F. Baterías para drones: el voltaje depende mucho del tipo de motor, para los motores mencionados anteriormente lo ideal son 11.6 voltios, es decir que se necesita una batería de 12 voltios de tres celdas (3S) para que dure alrededor de 10 a 15 minutos de vuelo. La batería que se utilizará *Turnigy 5000mAh 3S 20C Litio Pack w/XT-60*.

- G. Raspberry Pi 3B: este dispositivo se utilizará para tener el control total del drone. Gracias a las ventajas que brinda el mismo (código abierto, fácil de programar, costos bajos, entre otros) [29], se utilizará con el control autónomo del drone para el vuelo autónomo.

Como punto de partida, se realizó una revisión de todos los componentes para verificar que estos se encuentren en las condiciones adecuadas. Luego se procede a incorporar todos los componentes en el marco para el drone: i) los motores se colocaron en cada extremo del marco, verificando que estén correctamente sujetos, ii) los ESC fueron incorporados junto a cada motor, y a la batería; asegurándose que estén debidamente conectados [30]; iii) se conectó el controlador de vuelo en una posición adecuada para que pueda tener alcance con los demás componentes [30]; y iv) se conectó el GPS al controlador de vuelo.

2.3.4.1. Calibración del controlador de vuelo (Pixhawk)

Para la calibración del Pixhawk se utilizará el software *Mission Planner*, considerando el siguiente procedimiento: i) seleccionar el tipo de drone que se calibrará, ii) calibración del *acelerómetro*, iii) calibración de la *brújula*, iv) calibración del control de radio frecuencia (opcional), v) calibración de los modos de vuelo que tendrá el Pixhawk, en este caso solo tendrá el modo de vuelo *RTL* y *Loiter* para realizar el vuelo autónomo del drone [31].

2.3.4.2. Programación del Raspberry Pi 3B.

Antes de iniciar con la programación del Raspberry se instaló el sistema operativo Raspbian que se descarga de la página oficial de Raspberry. Se utilizó este sistema operativo ya que viene integrado el software de Python 2.7 y 3.6; que, según el fabricante [32], ayudará con la programación para el vuelo autónomo del drone y para el envío de la información multimedia al Servidor Web.

También se instalaron las librerías de **OpenCV** utilizadas para el reconocimiento de imágenes que permitirán verificar la presencia de una persona y la de **Autopilot** que se utilizó para el control del vuelo autónomo del drone. Como referencia a la instalación de estas librerías, vea Anexo “Instalación de librerías en Raspberry Pi 3B”

2.3.5. Implementación del Servidor WEB.

Primeramente se debe instalar el software Raspbian y actualizar todos los paquetes del sistema operativo, también se vio la necesidad de habilitar el protocolo SSH para manejar y ejecutar comandos desde la máquina principal de desarrollo y se deben realizar las configuraciones pertinentes para que el Raspberry Pi quede completamente integrado a la red.[33]

Fue conveniente usar el módulo de la cámara del Raspberry Pi, ya que cuenta con un bus dedicado, permitiendo contar con un mejor rendimiento en comparación con un puerto USB que usan las

cámaras que se consiguen en el mercado; además el proceso de configuración de este módulo resulto ser más fácil de realizar, ya que se utiliza la misma tecnología Raspberry Pi, por cuanto los problemas de compatibilidad o uso se ven reducidos drásticamente.

Para que se realice la transmisión de video, se dispone del marco multimedia y multiplataforma FFmpeg desarrollado en GNU/Linux y de gran popularidad en la comunidad, el cual es el encargado, entre otros apartados, de convertir y hacer streaming de audio y video. Esto debido a que posee una amplia biblioteca de códec; y, al ser software libre, no existirá ningún limitante de licenciamiento en cuanto a su uso. [34]

Una vez instalado el software y sus complementos para la transmisión en tiempo real, se procedió a configurar uno de los servicios de las diferentes plataformas de prueba, como son: i) Microsoft Azure Media Services; ii) Youtube Gaming; o iii) Twitch; que servirá para realizar el streaming. Junto con ello se instaló software OBS y Wirecast para probar estos servicios. Una vez establecidas las configuraciones del canal, se procedió a programar el Raspberry pi y establecer los valores de las variables que proporcionan las plataformas para la emisión del video.[35]

3. Resultados

3.1. SLR

La revisión sistemática de literatura arrojó como resultado 23 artículos, de los cuales 15 fueron identificados como relevantes para el proyecto. La tabla 3 detalla los resultados obtenidos y la respuesta a la pregunta de investigación planteada. Para obtener más información sobre la selección del SLR, por favor refiérase al anexo “Revisión Sistemática de Literatura”

Tabla 3

Resultados SLR

	Autor	Fecha de publicación	Artículo	Objetivo
1	Kovář, Stanislav Valouch, Jan Urbančoková, Hana Adámek, Milan	2016	Impact of Security Cameras on Electromagnetic Environment in Far and Near-Field	Analizan y comparan diferentes niveles de interferencias electromagnéticas que pueden llegar a afectar el funcionamiento de los dispositivos electrónicos.
2	Dağlı, Mehmet Ali Erdem, Çiğdem Eroğlu	2013	Auto-detection of unusual events in metro stations via security cameras	Detección de diferentes tipos de eventos en las estaciones de metro para evitar la violación de usuarios en zonas restringidas.

3	Boyarinov, Konstantin Hunter, Aaron	2017	Security and Trust for Surveillance Cameras	Demuestran las vulnerabilidades a las que se someten las cámaras IP.
4	Suwansriksam, Parinya Singkhamfu, Phudinan	2017	Indoor vision based guidance system for autonomous drone and control application	Analizan los componentes de los drones su implementación y algunos ejemplos de su uso dentro de casa.
5	Khan, Mouhyemen Heurtefeux, Karel Mohamed, Amr Harras, Khaled A Hassan, Mohammad Mehedi	2017	Mobile Target Coverage and Tracking on drone-Be- Gone UAV Cyber-Physical Testbed	Analizan el seguimiento de objetivos usando sensores, cámaras y robots móviles.
6	Kim, Hong-Chul Kim, Woo-Sung Im, Dong-Hyuk Park, Geun-Duk	2013	Wireless Security System Incorporating Tilt Sensors and Web Cameras	Sistema de seguridad que utiliza sensores y cámaras para evitar crímenes.
7	Gohshi, Seiichi	2015	Real-time super resolution algorithm for security cameras	Proponen una técnica de procesamiento de señal no lineal en tiempo real que mejora el contraste y la resolución de imágenes y video infrarrojos de bajo contraste.
8	Li, Yuqi He, Zhe Nielsen, John	2016	Enhancing Wi-Fi based Indoor Pedestrian Dead Reckoning with Security Cameras	Desarrollan un algoritmo que utiliza cámaras de seguridad no calibradas para inferir el rumbo de un usuario en los corredores.
9	Feng, Lin Fangchao, Qi	2016	Research on the Hardware Structure Characteristics and EKF Filtering Algorithm of the Autopilot PIXHAWK	Analizan la tecnología PIXHAWK.
10	Ferdaus, Md Meftahul Anavatti, Sreenatha G Garratt, Matthew A Pratama, Mahardhika	2017	Fuzzy clustering based nonlinear system identification and controller development of Pixhawk based quadcopter	Plantean un nuevo modelo para el control de un dron.
11	Niit, Edgar A Smit, Willie J	2017	Integration of model reference adaptive control (MRAC) with PX4 firmware for quadcopters	Implementan un controlador secundario para mejorar la compatibilidad y maniobrabilidad del dron con PIXHAWK
12	Lanfor, Oscar Pérez, José	2016	Implementación de un Sistema de Seguridad Independiente y Automatización de una Residencia por medio del Internet de las Cosas	Realizan un sistema de seguridad y monitoreo en la vivienda junto con su adecuada automatización.
13	Breitbach, Thomas Sanders, Peter Schultes, Dominik	2018	Optimizing Energy Consumption and User Experience in a Mobile Video Streaming Scenario	Diseñan y analizan un enfoque de programación dinámica con el objetivo de realizar transmisión de video móvil.

14	Singhal, Chetna Tadepalli, Goutham Teja	2017	Machine Learning Based Subjective Quality Estimation for Video Streaming over Wireless Networks.	Proponen un algoritmo para aumentar la calidad en la transmisión de video a través de redes inalámbricas.
15	Tian, Yun Babcock, Ryan Taylor, Carol Ji, Yanqing	2018	A new live video streaming approach based on Amazon S3 pricing model	Proponen un nuevo enfoque de transmisión de video basado en los precios de Amazon S3.

3.2. Propuesta tecnológica

3.1.1 Pruebas del Sistema de alarma.

El sistema de alarma fue construido con cuatro sensores de movimiento, cada uno cubre quince metros en un rango de 180 grados. La información se transmite al Raspberry mediante el protocolo HTTP usando el método POST, con un tiempo de respuesta en milisegundos dependiendo de la velocidad e intensidad de la señal de Internet.

Tabla 4

Resultados del sistema de alarma

Fecha/Hora	Horas de pruebas	Clima	Resultados	Futuros cambios
13/08/2018 - 10:00	1 H	Nublado	Los sensores tienen una efectividad de 70%. Envío de información con tiempo promedio de 42 ms.	Reajuste de los sensores de movimiento (sensibilidad, tiempo y luminosidad).
14/08/2018 - 10:00	1 H	Nublado	Los sensores tienen una efectividad de 60%. Envío de información con tiempo promedio de 45 ms.	Reajuste de los sensores de movimiento (sensibilidad, tiempo y luminosidad).
15/08/2018 - 20:00	1 H	Nublado	Los sensores tienen una efectividad de 90%. Envío de información con tiempo promedio de 43 ms.	Reajuste de los sensores de movimiento (sensibilidad, tiempo y luminosidad).
20/08/2018 - 20:00	1 H	Nublado	Los sensores tienen una efectividad de 80%. Envío de información con tiempo promedio de 42 ms.	Reajuste de los sensores de movimiento (sensibilidad, tiempo y luminosidad).
21/08/2018 - 20:00	1 H	Nublado	Los sensores tienen una efectividad de 90%. Envío de información con tiempo promedio de 45 ms.	Reajuste de los sensores de movimiento (sensibilidad, tiempo y luminosidad).

22/08/2018 - 20:00	1 H	Nublado	Los sensores tienen una efectividad de 90%. Envío de información con tiempo promedio de 43 ms.	Reajuste de los sensores de movimiento (sensibilidad, tiempo y luminosidad).
--------------------	-----	---------	---	---

3.1.2 Pruebas del vuelo del drone.

Para la parte del ensamblaje del drone se utilizó la tecnología Pixhawk, ya que su costo resultó ser más accesible. Su tecnología brinda la posibilidad de acceder al código fuente y modificarlo; también la facilidad de adaptar un Raspberry y de esta forma realizar diferentes vuelos autónomos con la posibilidad de cambiar de trayectoria en pleno vuelo. Los diferentes componentes fueron elegidos de acuerdo a los costos bajos, además cabe recalcar que las pruebas del funcionamiento del drone fueron realizadas únicamente en la zona perimetral de la vivienda y no al interior de la misma.

Tabla 5

Resultados vuelo del drone

Fecha/Hora	Horas de pruebas	Características actuales del dispositivo.	Condiciones Climatológicas	Resultados	Ajustes requeridos
06/01/2018 - 16:00	3 H	Drone comercial	Soleado	Vuelo poco estable	Ninguno
07/01/2018 - 12:00	4 H	Drone comercial	Nublado	Estabilidad de 60%	Ninguno
12/01/2018 - 9:15	1,5 H	Drone comercial	Mayormente nublado	Control dificultoso	Ninguno
03/02/2018 - 13:00	2,5 H	Drone comercial	Lluvioso	Caída por vuelo inestable	Ninguno
02/05/2018 - 10:00	2 H	Ensamblaje del drone sin los componentes para la transmisión del video en vivo.	Mayormente soleado	Vuelo estable Control de estabilidad de 90%	Agregar los componentes para la transmisión de video, modificación de la ubicación de los componentes.

26/06/2018 - 9:30	1.5 H	Drone ensamblado, se le incorporado el Raspberry y la cámara	Mayormente nublado	Variaciones excesivas del GPS Pérdida de la posición actual de GPS Inestabilidad en el vuelo del drone Control de estabilidad de 25%	Modificar la ubicación de los componentes para mejorar la estabilidad.
28/06/2018 - 8:00	2 H	Drone ensamblado	Mayormente nublado	Variaciones excesivas del GPS Pérdida de la posición actual de GPS Inestabilidad en el vuelo del drone Control de estabilidad de 25% Variaciones aceptables del GPS. Estabilidad del 90%.	Modificar la ubicación de los componentes para mejorar la estabilidad. Calibración de los
24/08/2018 - 10:00	2 H	Drone ensamblado	Nublado	Precisión del vuelo autónomo del 90% (con una variación de 50 cm desacuerdo al punto programado)	Ninguno
25/08/2018 - 10:00	2 H	Drone ensamblado	Soleado	Condiciones del vuelo aceptables con una precisión promedio 90%.	Ninguno
24/08/2018 - 10:00	2 H	Drone ensamblado	Nublado	Condiciones del vuelo aceptables con una precisión promedio 90%.	Ninguno
26/08/2018 – 10:00		Drone ensamblado	Lluvia	Debido a que el dispositivo no cuenta con una carcasa protectora, las pruebas bajo estas condiciones no fueron realizadas.	

3.2 Pruebas de la transmisión de video.

Para la transmisión de video se probaron los servicios de multimedia de Microsoft Azure, Youtube Gaming y Twitch. También se utilizaron los programas OBS y wirecast para ser el primer filtro y probar la transmisión en cada una de las plataformas, cuyos resultados fueron los siguientes: i) Con Microsoft Azure se utilizó la versión de prueba que brinda esta compañía para estudiantes la cual consiste en \$100 y 12 meses de uso en algunos servicios, pero los servicios requeridos resultaron ser muy costosos y en poco tiempo se terminó el plan, bloqueando todos los servicios hasta convertirse en pago; ii) Con el servicio de YouTube Gaming se obtuvo toda la plataforma gratuita, pero surgió el inconveniente de restringir sus transmisiones no se podía anclar en otro lugar que no sea el sitio de Youtube por lo que fue descartado; iii) Con el servicio de Twitch además de tener la plataforma gratuita permite anclar sus transmisiones en cualquier lugar de la web, por lo que se optó por usar esa plataforma para realizar el streaming; y iv) La página web se desarrolló está alojada en Firebase. El inconveniente que se presentó en todas las plataformas a la hora de realizar el streaming fue el servicio de Internet.

Tabla 6

Resultados transmisión de video

Fecha/Hora	Horas de pruebas	Clima	Plataforma	Software	Tipo de enlace	Resultados	Futuros cambios
14/08/2018 18:20	– 2 H	Nublado	Microsoft Azure Media Services	Wirecast	4 mb 8:1	No se veía el streaming.	Cambio de la configuración del canal de Azure.
15/08/2018 11:50	– 1 H	Nublado	Microsoft Azure Media Services	Wirecast	4 mb 8:1	No se veía el streaming.	Comprobación y mejora de compatibilidad del reproductor de Azure en la página web.

16/08/2018 20:30	– 0.5 H	Nublado	Microsoft Media Services	Azure	Wirecast	4 mb 8:1	Transmisión de video exitosa con interrupciones del servicio debido al ancho de banda del enlace.	Implementación en Raspberry Pi 3.
16/08/2018 21:00	– 0.5 H	Nublado	Microsoft Media Services	Azure	FFmpeg	4 mb 8:1	Transmisión de video exitosa con interrupciones del servicio debido al ancho de banda del enlace.	Reducir la calidad de transmisión de video.
17/08/2018 21:00	– 0.5 H	Nublado	Microsoft Media Services	Azure	FFmpeg	4 mb 8:1	Transmisión de video exitosa con interrupciones del servicio debido al ancho de banda del enlace.	Incorporación del Raspberry Pi al drone.
18/08/2018 12:00	– 3 H	Soleado	Microsoft Media Services	Azure	FFmpeg	4 mb 8:1	No se veía la transmisión en la página web ni en la App móvil por	Contactar a soporte y buscar nuevas alternativas.

						bloqueo de la cuenta de Microsoft.
21/08/2018 16:30	– 1 H	Despejado	Youtube Gaming	OBS	4 mb 8:1	Transmisión de Establecer un link video exitosa con permanente para la interrupciones del visualización del streaming servicio debido al ya que cambiaba. ancho de banda del enlace.
22/08/2018 20:00	– 1 H	Despejado	Youtube Gaming y Firebase	FFmpeg	4 mb 8:1	Transmisión de Cambiar la calidad y anclar el video exitosa con stream a la página web y interrupciones del App. servicio debido al ancho de banda del enlace.
21/08/2018 17:00	– 2.5 H	Despejado	Youtube Gaming y Firebase	FFmpeg	4 mb 8:1	Transmisión de Buscar otra alternativa ya que video exitosa con YouTube no permite anclar interrupciones del streams en otros sitios que no servicio debido al sean de su propiedad. ancho de banda del enlace.

22/08/2018 20:00	– 1 H	Despejado	Twitch	OBS	4 mb 8:1	Transmisión de video exitosa con stream a la página web y interrupciones del App. servicio debido al ancho de banda del enlace.
23/08/2018 17:00	– 2.5 H	Despejado	Twitch y Firebase	FFmpeg	4 mb 8:1	Transmisión de video exitosa con YouTube no permite anclar streams en otros sitios que no sean de su propiedad. servicio debido al ancho de banda del enlace.
23/08/2018 20:00	: 1 H	Nublado	Twitch y Firebase	FFmpeg	4 mb 8:1	Sin transmisión de video por la mala calidad del servicio de Internet. Realizar las siguientes pruebas con un mejor servicio de Internet.
24/08/2018 : 8:00	1 H	Parcialmente soleado	Twitch y Firebase	FFmpeg	15 mb 2:1	Transmisión de video exitosa con mala manipulación se quemó. HD. Servicio de Internet con

24/08/2018 10:00	: 1 H	Nublado	Twitch y Firebase	FFmpeg	15 mb 2:1	15MB de subida y 8MB de bajada. Transmisión de Ninguno video exitosa con una calidad de video HD.
---------------------	-------	---------	-------------------	--------	-----------	---

3.3 Pruebas del reconocimiento de Imagen.

La tabla 7 resume los resultados obtenidos en cuanto al reconocimiento de imagen.

Tabla 7

Resultados de reconociendo de imagen.

Fecha/Hora	Horas de pruebas	Resultados	Futuros cambios
20/08/2018 – 21:00	1 H	El reconocimiento de imagen no es efectivo con la poca que se tiene para capturas la imágenes.	Ninguno.
21/08/2018 – 10:00	1 H	El reconocimiento presenta un resultado del 80%.	Ninguno.
22/08/2018 – 18:00	1 H	El resultado obtenido es del 60% con 50% de luminosidad y sin la presencia de lluvia. Con el aumento de luz aumenta la presión de reconocimiento. Este sistema funciona correctamente en un día soleado.	Ninguno.

3.4 Pruebas del Sistema completo.

Para realizar las pruebas integrando todos los elementos, se consideró lo siguiente: i) todas las pruebas realizadas serán en el exterior de la vivienda; ii) El drone, al no contar con un caparazón no puede ser operado ante la presencia de lluvia; iii) el dispositivo Arduino está conectado a un router mediante un cable Ethernet; iv) el drone está ubicado a 30 metros del router con la interferencia de una pared de hormigón; v) el dispositivo Raspberry PI está conectado mediante red inalámbrica; vi) la zona de despegue el drone no presenta obstáculos con un radio de 6 metros; y vii) el drone está programado para elevarse a máximo 5m de altura.

Tabla 8

Resultados sistema completo

Fecha/Hora	Horas de pruebas	Clima	Flujo de funcionamiento	Resultados	Duración del proceso
05/09/2018:20:00	1 H	Parcialmente nublado	1.- Activar sensor de movimiento. 2.- Enviar de información desde el dispositivo Arduino hacia el Raspberry Pi. 3.- Procesar la información enviada del Arduino y la activación del drone para el vuelo. 4.- Activación del vuelo autónomo con las coordenadas de acuerdo con la información recibida del dispositivo Arduino. 5.- Activación del sistema de streaming con una resolución de video de 360p a 30fps.	Los sensores no presentan incidentes por la poca luz que hay a su alrededor. No existen pérdidas de datos en cuanto a la comunicación entre los dispositivos. Se presentó un inconveniente ya que no se activó el botón de seguridad del drone, una vez resuelto este percance, el sistema funcionó sin problemas. El despegue y el vuelo estable son los esperados.	30 segundo

				El streaming es exitoso con un servicio de internet de 6MB de bajada y 1MB de subida, el inconveniente por la poca luz que se tiene ya que no se ve claramente lo que está grabando el drone.	
06/09/2018:10:00	1 H	Soleado	1.- Activar sensor de movimiento. 2.- Enviar de información desde el dispositivo Arduino hacia el Raspberry Pi. 3.- Procesar la información enviada del Arduino y la activación del drone para el vuelo. 4.- Activación del vuelo autónomo con las coordenadas de acuerdo con la información recibida del dispositivo Arduino. 5.- Activación del sistema de streaming con una resolución de video de 360p a 30fps.	Los sensores correctamente. No se presentan pérdidas de información a la hora de enviarla del Arduino al Raspberry. La activación del drone es correcta. El despegue y el vuelo estable son los esperados. El streaming es exitoso con un servicio de internet de 6MB de bajada y 1MB de subida.	35 segundo

08/09/2018:11:00	1 H	Soleado	1.- Activar sensor de movimiento.	Los sensores correctamente.	40 segundo
		Con	2.- Enviar de información desde el	No se presentan pérdidas de información a la	
		presencia de	dispositivo Arduino hacia el Raspberry Pi.	hora de enviarla del Arduino al Raspberry.	
		viento de	3.- Procesar la información enviada del	La activación del drone es correcta.	
		10k/h	Arduino y la activación del drone para el	El despegue y el vuelo fueron un poco	
			vuelo.	inestables al existir la precia de viento.	
			4.- Activación del vuelo autónomo con las	El streaming es exitoso con un servicio de	
			coordenadas de acuerdo con la información	internet de 6MB de bajada y 1MB de subida.	
			recibida del dispositivo Arduino.		
			5.- Activación del sistema de streaming con		
			una resolución de video de 360p a 30fps.		

4 Discusión de resultados

En contraste con los sistemas de seguridad residencial tradicionales que en su mayoría son estacionarios, este proyecto refleja mayor versatilidad y cobertura, ya que los resultados obtenidos con la implementación en conjunto de los dispositivos, tecnología y software en las pruebas experimentales han resultado exitosos bajo las condiciones expuestas en las secciones anteriores, obtuvimos valores parecidos en cuanto a precisión y cobertura a los trabajos relacionados con este proyecto [36] [37] [38] [39] [40].

Los resultados expuestos en el trabajo de investigación desarrollado por L. Oscar y P. José [36] en el cual se habla sobre la necesidad imperiosa del uso e innovación de los sistemas de seguridad en las viviendas, permitió a los autores implementar un sistema seguridad con el objetivo de monitorear, controlar y vigilar mediante la IoT distintos entornos del hogar, siendo sus limitantes i) la supervisión netamente terrestre, por lo que la visión en área estaba restringida y no tenían rutas de desplazamiento programadas; ii) el acceso al servicio de transmisión de video y control de funcionamiento requería estar dentro de la red local de la vivienda. La mejora que posee el sistema implementado en este trabajo de investigación cuenta mayor visión periférica y puede ser accedido desde cualquier parte del mundo mientras posea acceso a internet.

En el apartado de reconocimiento de imágenes de este trabajo utilizando las librerías de OpenCV se obtuvo un 60% de aciertos con la cámara en cuanto a detección de la existencia de una persona en el perímetro de visión de los sensores, mientras que el algoritmo de reconocimiento de imágenes para zonas de peligro en las estaciones de trenes desarrollado en el trabajo de D. Mehmet y E. Çiğdem en [37] se obtiene un 99% de aciertos.

En la investigación y análisis realizado por S. Parinya y S. Phudinan en [38] se expone como alternativa el uso de drones para disminuir peligro al que se podría enfrentar una persona ante una situación de riesgo, en el presente trabajo se comprueba que se puede realizar la tarea de vigilancia y monitoreo del perímetro del hogar sin la necesidad de que la persona esté presente en ese lugar.

La diferencia encontrada entre el presente trabajo y el de k. Mouhyemen, H. Karel y M. Amr [39] en cuanto al vuelo, identificación de objetivos y rutas a tomar para llegar a la localización deseada, fue que se realizan simulaciones utilizando el software Matlab mientras que en el nuestro las pruebas se realizan con personas y sin ningún tipo de simulación.

K. Hong-Chul, K. Woo-Sung, I. Dong-Hyuk y P. Geun-Duk en su trabajo [40] presentan la transmisión de video en vivo y posterior visualización en cualquier dispositivo que posea internet

usando una cámara web y librerías de Java obteniendo streaming con una calidad normal, en nuestro trabajo optamos por trabajar con OpenCV y Raspberry Pi junto con su respectiva cámara, con lo cual nos permite realizar streaming con calidad full HD y junto con el códec h264 el cual es muy conocido por su excelente capacidad y mejora de rendimiento en cuanto a codificación de video.

Esta solución tecnológica basada en la tecnología de Pixhawk considerando las experiencias narradas por otros autores, como explican F. Lin y F. Qi [41], el hardware y software que posee Pixhawk proporciona mejor experiencia de vuelo con resultados más precisos, obteniendo deducciones similares a las obtenidas por Marthinus Reinecke [1] al momento de realizar diversos vuelo con obstáculos y con distintos tipos y tecnologías de drones.

A continuación, la tabla 9 enseña los resultados obtenidos por otros autores, contrastándolos con los obtenidos en este trabajo.

Tabla 9

Comparación de resultados del drone

Parámetros	F. Lin y F. Qi	R. Marthinus	Resultados del drone construido
Estabilidad	Estabilidad de vuelo del 95%.	Estabilidad de vuelo del 90% al llevar un cubo de líquido.	Estabilidad de 90% con presencia de viento de 10km/h
Precisión de vuelo	Se utilizó un giroscopio con un chip LSM303D en la que obtuvo precisión del 70%.	Esquiva obstáculos con un desfase de 1 a 2 metros con referencia al punto programado.	Precisión de vuelo fue del 90%.

Con estos resultados presentados anteriormente verificamos que se puede construir un drone profesional, y mediante la correcta integración de todos sus componentes se obtienen vuelos con mayor precisión como menciona F. Lin y F. Qi [41].

Con el alto crecimiento en el uso de los drones como mencionan L. Kleber, L. Pedro y P. Enrique [14], las colisiones son evitadas en base a un algoritmo propuesto. Nuestro trabajo no cuenta con un sistema anti colisión, pero mantiene rutas pre programadas que deben seguir, dejándolos expuestos a golpes o sucesos inesperados.

Para la comunicación de drone se utilizó la tecnología WIFI, similar al sistema que presentan M. Tomoya, O. Hiraku, K. Kentaro y K. Masaaki en [42] para la recolección de información y almacenarla en la nube. El sistema envía la información obtenida por el drone a la nube para ser visualizada desde cualquier ubicación mediante acceso a Internet.

5 Conclusiones y recomendaciones

Al concluir con la implementación del sistema y tras haber realizado pruebas en el perímetro de un domicilio en zonas de expansión urbana de la ciudad de Cuenca, se determinó que es técnicamente factible la elaboración y aplicación de esta solución tecnológica en viviendas o empresas que posean un amplio espacio y que requieran de este tipo de sistemas de seguridad. A pesar de ello se deben considerar los costos implicados en su implementación, porque se ha utilizado tecnología que posee las características necesarias para proveer buen respaldo y así optimizar el servicio.

En cuanto a la revisión sistemática de la literatura sobre aviones no tripulados, tecnología Pixhawk y streaming después de varios filtros por los que pasaron los documentos se pudo obtener información muy valiosa que sirvió para realizar este trabajo, contribuyendo en gran medida al aumento del conocimiento mantenido sobre las tecnologías usadas en el mismo.

Para integrar un sistema de alarma con sensores de movimiento para la activación y vuelo autónomo del drone, primero debe analizarse el área geográfica donde se encuentra la vivienda para que los puntos en donde se ubicarán los sensores sean los más adecuados para tener la cobertura más adecuada del perímetro.

A la hora de integrar los componentes para ensamblar y programar el drone si bien al inicio se presentaron algunos problemas de compatibilidad con el software utilizando la tecnología Pixhawk y el Raspberry Pi 3, se logró que los componentes interactúen de manera adecuada y se alcanzaron los resultados esperados. Además, por el costo de la tecnología, los resultados obtenidos en este trabajo, y la tabla de comparación con otros autores en la tabla 9, se comprobó que Pixhawk es una muy buena alternativa para armar drones.

Se probaron varios servicios de transmisión de video de la web para tener una sólida infraestructura de monitoreo mediante streaming en tiempo real, de los cuales, según los resultados obtenidos, Twitch es una excelente opción para tener gran versatilidad al momento de presentar el video en cualquier aplicación web.

Un inconveniente presentado estuvo relacionado al ancho de banda de Internet, debido a la gran cantidad y calidad de la información enviada. Debe considerarse además el lugar de la implementación del sistema, puesto que, si no tiene servicio de Internet, no se podrá realizar la transmisión de video mediante streaming; y si se tiene acceso, hay que verificar cuál es el ancho de banda asignado, ya que a mejor ancho de banda mejor será la calidad de video enviada desde el drone a los servidores en la nube. El contar con un mayor ancho de banda de Internet también incrementa los costos de implementación y mantenimiento del sistema.

Se cumplió con los objetivos planteados y se obtuvieron los resultados descritos en este documento. Las pruebas de componentes por separado presentaron algunos inconvenientes, como i) la implementación de la alarma; ii) el cambio de energía requerida entre el Arduino y los sensores de movimiento; iii) la calibración de los componentes del drone; iv) los problemas de incompatibilidad de los dispositivos en la configuración del Raspberry Pi; y v) la distribución de video mediante la técnica de streaming por las restricciones de las plataformas.

En la realización de este proyecto, se ampliaron los conocimientos con el uso de la bibliografía adecuada y la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, teniendo como valor añadido un emprendimiento que ayudará a la vigilancia automatizada, contribuyendo así con la seguridad de las personas.

Finalmente, se puede concluir que, si es posible aumentar la seguridad perimetral en los hogares mediante un sistema que utilice un vehículo aéreo no tripulado en las de expansión urbana, aunque se deben considerarse factores como: i) los costos de implementación del sistema, ii) las condiciones climatológicas; iii) la velocidad de acceso a Internet; y iv) la distancia entre los sensores. Con los parámetros adecuados el sistema será capaz de disminuir las intrusiones y los peligros potenciales a los que se enfrentaría una persona.

5.1 Recomendaciones

Para la construcción de un drone se recomienda la investigación previa de los componentes necesarios, ya que con los avances tecnológicos que se presentan diariamente, se puede conseguir mejores componentes, o por el contrario tener problemas de compatibilidad. También se debe considerar que casi todos los componentes no se los puede conseguir en Ecuador, por lo que el tiempo que se pierde en su importación es un factor que retrasa considerablemente al desarrollo del proyecto.

Para toda la programación que se realizó en este proyecto, el principal lenguaje fue Python, debido a que permite controlar con mayor facilidad al hardware de los múltiples dispositivos utilizados,

por lo que se recomienda contar con un conocimiento aceptable en este lenguaje si se emprende en trabajos similares.

Finalmente, recomendamos que el servicio de Internet cuente como mínimo 6MB de bajada y 4MB se subida, con lo que se tendrá una calidad de video y una transmisión aceptable.

5.2 Trabajos futuros.

Para los trabajos futuros se puede plantear los siguientes temas:

- Mejorar la seguridad de comunicación entre el sistema de alarma y el drone.
- Mejoramiento de la compresión de video con el objetivo de atenuar los requerimientos iniciales de Internet, sin afectar la calidad de video, el servicio de streaming y el reconocimiento de imágenes.
- Mejorar el drone para hacerlo resistente al agua lluvia, anti-colisiones y evitar accidentes.

6 Referencias

- [1] M. Suzuki, S. Yokota, A. Imadu, A. Matsumoto, D. Chugo, and H. Hashimoto, "Liquid feeding system using cooperative towing by multiple drones—1st report: Derivation of the flyable range while towing a tube," in *Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2017 26th IEEE International Symposium on*, 2017, pp. 1228–1233.
- [2] I. Lachow, "The upside and downside of swarming drones," *Bull. At. Sci.*, vol. 73, no. 2, pp. 96–101, 2017.
- [3] H. T. Berie and I. Burud, "Application of unmanned aerial vehicles in earth resources monitoring: focus on evaluating potentials for forest monitoring in Ethiopia," *Eur. J. Remote Sens.*, vol. 51, no. 1, pp. 326–335, 2018.
- [4] A. Polibio, "Cedatos © 2018," 2018. [Online]. Available: <http://www.cedatos.com.ec/>. [Accessed: 01-Jun-2018].
- [5] C. R. Steffens, R. N. Rodrigues, and S. S. d. C. Botelho, "An Unconstrained Dataset for Non-Stationary Video Based Fire Detection," in *2015 12th Latin American Robotics Symposium and 2015 3rd Brazilian Symposium on Robotics (LARS-SBR)*, 2015, pp. 25–30.
- [6] A. Akarsu and T. Girici, "Fairness aware multiple drone base station deployment," *IET Commun.*, vol. 12, no. 4, pp. 425–431, 2018.
- [7] S. Lee, D. Har, and D. Kum, "Drone-Assisted Disaster Management: Finding Victims via Infrared Camera and Lidar Sensor Fusion," in *2016 3rd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE)*, 2016, pp. 84–89.
- [8] L. Apvrille, T. Tanzi, and J. L. Dugelay, "Autonomous drones for assisting rescue

- services within the context of natural disasters,” in *2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS)*, 2014, pp. 1–4.
- [9] M. K. Das, P. M. Kumar, and A. Anitha, “ORBOT—An efficient & intelligent mono copter,” in *Circuits and Systems (ICCS), 2017 IEEE International Conference on*, 2017, pp. 168–171.
 - [10] Pixhawk, “Pixhawk Flight Controller Hardware Project,” 2018. [Online]. Available: <https://pixhawk.org/>. [Accessed: 01-Jun-2018].
 - [11] L. Meier, P. Tanskanen, L. Heng, G. H. Lee, F. Fraundorfer, and M. Pollefeys, “PIXHAWK: A micro aerial vehicle design for autonomous flight using onboard computer vision,” *Auton. Robots*, vol. 33, no. 1–2, pp. 21–39, 2012.
 - [12] E. A. Niit and W. J. Smit, “Integration of model reference adaptive control (MRAC) with PX4 firmware for quadcopters,” in *Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP), 2017 24th International Conference on*, 2017, pp. 1–6.
 - [13] M. Reinecke and T. Prinsloo, “The influence of drone monitoring on crop health and harvest size,” in *2017 1st International Conference on Next Generation Computing Applications (NextComp)*, 2017, pp. 5–10.
 - [14] K. Loayza, P. Lucas, and E. Peláez, “A centralized control of movements using a collision avoidance algorithm for a swarm of autonomous agents,” in *Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), 2017 IEEE*, 2017, pp. 1–6.
 - [15] Y. Tian, R. Babcock, C. Taylor, and Y. Ji, “A new live video streaming approach based on Amazon S3 pricing model,” in *Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 2018 IEEE 8th Annual*, 2018, pp. 321–328.
 - [16] B. Kitchenham, O. P. Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 7–15, 2009.
 - [17] IEEE, “Internet of things,” 2013. [Online]. Available: <https://www.ieee.org/membership-catalog/productdetail/showProductDetailPage.html?product=CMYIOT736>.
 - [18] V. Piuri and R. Minerva, “Building the internet of things,” *July*, 2015. [Online]. Available: <https://www.computer.org/web/computingnow/archive/building-the-internet-of-things-july-2015>.
 - [19] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
 - [20] M. Sánchez and G. Ramoscelli, “Creación de valor a partir del Internet de las cosas: Estudio exploratorio en la Provincia de Buenos Aires,” *Visión Futur.*, vol. 22, no. 1, p. 0, 2018.
 - [21] M. E. A. Lizarazo, “Drones, nuevos panoramas para la aviación: análisis comparativo de

- la normatividad internacional frente a la normatividad colombiana,” *Cienc. y Pod. Aéreo*, vol. 11, no. 1, 2016.
- [22] G. S. Guerra Jara, “Sistema de diseño de drones.” Universidad del Azuay, 2016.
 - [23] J. M. Muntalá, “De la onda a los drones: La guerra como motor de la historia,” *Rev. del Inst. Español Estud. Estratégicos*, no. 4, 2014.
 - [24] Intel Newsroom, “Drones at Intel | Intel Newsroom,” *July 18*, 2018. [Online]. Available: https://newsroom.intel.com/press-kits/drones-at-intel/?_ga=2.57785770.185136153.1532676756-590705512.1532592505. [Accessed: 01-May-2018].
 - [25] P. J. Michał Mazur, Adam Wiśniewski, Adam Wiśniewski, Norbert Schwieters, Massimo Pellegrino, Matt Labovich, “Clarity from above: Leveraging drone technologies to secure utilities systems,” 2017.
 - [26] DJI, “DJI - The World Leader in Camera Drones/Quadcopters for Aerial Photography,” 2018. [Online]. Available: <https://www.dji.com/naza-m-lite>. [Accessed: 08-Aug-2018].
 - [27] Arduino, “Arduino.cl,” 2018. [Online]. Available: <http://arduino.cl/>. [Accessed: 08-Aug-2018].
 - [28] T-Motor, “T-motor-The Safest Propulsion System,” 2018. [Online]. Available: <http://store-en.tmotor.com/>. [Accessed: 01-Jun-2018].
 - [29] RASPBERRY PI FOUNDATION, “Raspberry Pi 3 Model B - Raspberry Pi,” 2018. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Accessed: 01-Jun-2018].
 - [30] Ardupilot, “Connect ESCs and Motors — Copter documentation,” 2018. [Online]. Available: [http://ardupilot.org/copter/docs/connect-escs-and-motors.html?highlight=connect esc](http://ardupilot.org/copter/docs/connect-escs-and-motors.html?highlight=connect%20esc). [Accessed: 01-Jun-2018].
 - [31] Ardupilot, “Mandatory Hardware Configuration — Copter documentation,” 2018. [Online]. Available: <http://ardupilot.org/copter/docs/configuring-hardware.html>. [Accessed: 01-Jun-2018].
 - [32] Raspberrypi, “Raspberry Pi Downloads - Software for the Raspberry Pi,” 2018. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/downloads/>. [Accessed: 01-Jun-2018].
 - [33] R. Vadlamudi, D. Betts, R. Shahan, and X. Shi, “Connect Raspberry Pi to Azure IoT Hub (Python),” *Microsoft Azure*, 2018. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-raspberry-pi-kit-python-get-started>.
 - [34] FFMPEG, “About FFmpeg,” *FFMPEG.ORG*, 2010. [Online]. Available: <https://www.ffmpeg.org/about.html>.
 - [35] D. Davis, “Raspberry Pi Twitch-O-Matic,” *hackster.io*, 2018. [Online]. Available: <https://www.hackster.io/tinkernut/raspberry-pi-twitch-o-matic-190a15>.

- [36] O. G. F. Lanfor and J. F. P. Pérez, “Implementación de un sistema de seguridad independiente y automatización de una residencia por medio del internet de las cosas,” in *Student Conference (CONESCAPAN), 2017 IEEE Central America and Panama*, 2017, pp. 1–5.
- [37] M. A. Dağlı and Ç. E. Erdem, “Auto-detection of unusual events in metro stations via security cameras,” in *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2013 21st*, 2013, pp. 1–4.
- [38] P. Suwansriksam and P. Singkhamfu, “Indoor vision based guidance system for autonomous drone and control application,” in *Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT), International Conference on*, 2017, pp. 110–114.
- [39] M. Khan, K. Heurtefeux, A. Mohamed, K. A. Harras, and M. M. Hassan, “Mobile Target Coverage and Tracking on Drone-Be-Gone UAV Cyber-Physical Testbed,” *IEEE Syst. J.*, 2017.
- [40] H.-C. Kim, W.-S. Kim, D.-H. Im, and G.-D. Park, “Wireless Security System Incorporating Tilt Sensors and Web Cameras,” in *Information Science and Applications (ICISA), 2013 International Conference on*, 2013, pp. 1–2.
- [41] L. Feng and Q. Fangchao, “Research on the Hardware Structure Characteristics and EKF Filtering Algorithm of the Autopilot PIXHAWK,” in *Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC), 2016 Sixth International Conference on*, 2016, pp. 228–231.
- [42] T. Moribe, H. Okada, K. Kobayashi, and M. Katayama, “Combination of a wireless sensor network and drone using infrared thermometers for smart agriculture,” in *2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, 2018, pp. 1–2.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de controladoras de vuelo para drone.....	4
Tabla 2 Cadenas de búsqueda.....	5
Tabla 3 Resultados SLR.....	10
Tabla 4 Resultados del sistema de alarma	13
Tabla 5 Resultados vuelo del drone	14
Tabla 6 Resultados transmisión de video.....	16
Tabla 7 Resultados de reconociendo de imagen.	20
Tabla 8 Resultados sistema completo.....	21
Tabla 9 Comparación de resultados del drone	25

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de funcionamiento	6
Ilustración 2 Esquema prototipo del sistema.....	7

ANEXOS

Anexo 1 “Código del sistema de alarma”

```
#include <SPI.h>

#include <Ethernet.h>

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
char serverName[] = "192.168.1.3";
int serverPort = 80;

/*Entrada se los sensores*/
int sensor1 = 2;
int sensor2 = 3;
int sensor3 = 4;
int sensor4 = 5;

/*Estado de las esntradas del sensor*/
int valor = 0;

EthernetClient client;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(sensor3, INPUT);
  pinMode(sensor4, INPUT);
  pinMode(sensor5, INPUT);
  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
    while(true);
  } else {
    Serial.println(Ethernet.localIP());
  }
  delay(1000);
}

void loop() {
  valor = digitalRead(sensrol);
  if (valor > 0) {
    enviarDataPOST("sensor1","1");
  }
  valor = digitalRead(sensrol);
```

```

    if (valor > 0) {
        enviarDataPOST("sensor2","1");
    }
    valor = digitalRead(sensro3);
    if (valor > 0) {
        enviarDataPOST("sensor3","1");
    }
    valor = digitalRead(sensro4);
    if (valor > 0) {
        enviarDataPOST("sensor4","1");
    }
}

void enviarDataPOST(String sensor, String value) {
    String postData = sensor+"=" + value;
    Serial.println(postData);

    Serial.println("connecting...");
    if (client.connect(serverName, serverPort)) {
        Serial.println("connected");
        client.print("POST /zofear_naser/database.php?action=insert");
        client.println(" HTTP/1.1");
        client.print("Host: ");
        client.println(serverName);
        client.println("User-Agent: Arduino/1.0");
        client.println("Connection: close");
        client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded;");
        client.print("Content-Length: ");
        client.println(postData.length());
        client.println();
        client.println(postData);
        Serial.println("insert complete");
    } else {
        Serial.println("connection failed");
    }
    client.stop();
}

```

Anexo 2 “Instalación de librerías en Raspberry Pi 3B”

Instalación de la librería de OpenCV utilizada para el reconocimiento de imágenes.

Antes de iniciar la instalación se tendrá que instalar ciertas dependencias para ello ingresaremos las siguientes líneas de comando en el Terminal de Raspbian.

```
sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config
sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev
sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev
libv4l-dev
sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev
sudo apt-get install libgtk2.0-dev libgtk-3-dev
sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran
sudo apt-get install python2.7-dev python3-dev
```

Luego se descarga los archivos de OpenCV con las siguientes líneas de comando.

```
wget -O opencv.zip https://github.com/Itseez/opencv/archive/3.3.0.zip
unzip opencv.zip
wget -O opencv_contrib.zip https://github.com/Itseez/opencv\_contrib/archive/3.3.0.zip
unzip opencv_contrib.zip
```

Ahora se configurará Python 2.7 para que sea compatible con OpenCV.

```
wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py
sudo python get-pip.py
sudo pip install virtualenv virtualenvwrapper
sudo rm -rf ~/.cache/pip
export WORKON_HOME=$HOME/.virtualenvs
pip install numpy
```

Para finalizar se procede a instalar OpenCV.

```
cd ~/opencv-3.3.0/
mkdir build
cd build
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \
      -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \
      -D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=ON \
      -D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/opencv_contrib-3.3.0/modules \
      -D BUILD_EXAMPLES=ON ..
make -j4
sudo make install
sudo ldconfig
cd ~/.virtualenvs/cv/lib/python2.7/site-packages/
```



```
ln -s /usr/local/lib/python2.7/site-packages/cv2.so cv2.so
```

Instalación de Autopilot para la comunicación de Raspberry y Pixhawk

Instalación de librerías complementarias

```
sudo apt-get install python-pip
sudo apt-get install python-dev
sudo apt-get install future
sudo apt-get install screen python-wxgtk2.8 python-matplotlib python-
opencv python-numpy libxml2-dev libxslt-dev
sudo pip install pyserial
sudo apt-get install git
```

Descarga de los archivos necesarios para la instalación de Autopilot

```
mkdir git
cd git
git clone https://github.com/dronekit/dronekit-python.git
```

Descarga de los archivos necesarios para la instalación de Autopilot

```
cd dronekit-python
sudo python setup.py build
sudo python setup.py install
```

Creación del archivo py para el vuelo autónomo con 4 puntos establecidos.

```
from dronekit import connect, VehicleMode, LocationGlobalRelative
import time
#-- Connect to the vehicle
connection_string = "/dev/ttyACM0" #-- for a usb port connection, use
/dev/ttyACM0
baud_rate = 115200
print(">>> Connecting with the UAV <<<")
vehicle = connect(connection_string, baud=baud_rate, wait_ready=True)

#-- Define the function for takeoff
def arm_and_takeoff(tgt_altitude):
    print("Arming motors")

    while not vehicle.is_armable:
        time.sleep(1)

    vehicle.mode = VehicleMode("GUIDED")
    vehicle.armed = True

    while not vehicle.armed: time.sleep(1)
```

```

print("Takeoff")
vehicle.simple_takeoff(tgt_altitude)

#-- wait to reach the target altitude
while True:
    altitude = vehicle.location.global_relative_frame.alt

    if altitude >= tgt_altitude -1:
        print("Altitude reached")
        break

    time.sleep(1)
#----- MAIN PROGRAM -----
arm_and_takeoff(2)

time.sleep(2)
#-- set the default speed
vehicle.airspeed = 2

#-- Go to wp1
print ("Point 1")
wp1 = LocationGlobalRelative(-2.9551186, -78.9752909, 2)

vehicle.simple_goto(wp1)

#--- Here you can do all your magic....
time.sleep(15)

#--- Coming back
print("Coming back")
vehicle.mode = VehicleMode("RTL")

time.sleep(10)

#-- Close connection
vehicle.close()

```

Anexo 3 “Revisión Sistemática de la Literatura”

Código	Título	Año de publicación	Autores	Resumen	Palabras clave	DOI	Selección
Q01	A centralized control of movements using a collision avoidance algorithm for a swarm of autonomous agents	2017	Loayza, Kleber Lucas, Pedro Peláez, Enrique	This work proposes a method for moving a swarm of autonomous Unmanned Aerial Vehicles to accomplish an specific task. The approach uses a centralized strategy which considers a trajectory calculation and collision avoidance. The solution was implemented in a simulated scenario as well as in a real controlled environment using a swarm of nano drones, together with a setup supported by a motion capture system. The solution was tested while planting virtual seeds in a field composed by a grid of points that represent the places to be sown. Experiments were performed for measuring completion times and attempts to prevent impacts in order to test the effectiveness, scalability and stability of the solution as well as the robustness of the collision avoidance algorithm while increasing the number of agents to perform the task.	Agents behavior, swarm systems, collision avoidance, farming automation , UAV	10.1109/ETCM.2017.8247496	NO

Q02	Impact of Security Cameras on Electromagnetic Environment in Far and Near-Field	2016	Kovář, Stanislav Valouch, Jan Urbančoková, Hana Adámek, Milan	Electromagnetic interference constitutes a serious problem for the design and operation of electronic and electrical security devices or systems because the impairment of the device function gives rise security complications. The complications may be associated with false alarms, errors in control of connected devices, image defects, losses of communication. The main purpose of the experiment reported here was to analyze and compare the level of the electromagnetic interference in a near and far field. In addition, the article also provides an interesting comparison of the results obtained by measuring in the Gigahertz Transverse Electromagnetic cell and semi-anechoic chamber.	Electromagnetic interference; closed circuit television; far-field; gigahertz transverse electromagnetic cell; near-field; semi-anechoic chamber	10.1109/D T.2016.75 57166	SI
-----	---	------	---	---	--	---------------------------	----

Q03	Congestion mitigation in 5G networks using drone relays	2016	Jaziri, Aymen Nasri, Ridha Chahed, Tijani	With the exponential growth of data traffic in modern mobile networks and the emergence of variety of connected devices, congestion mitigation in cellular networks has become a major concern. Therefore, in this paper, we propose and extensively describe a new drone-based mechanism allowing to relay traffic and improve network performances. Scenarios related to the appearance, disappearance and mobility of the traffic hotspot are thoroughly specified and developed. The proposed solution is efficient in terms of capacity improvement with a good reactivity to the appearance of traffic hotspots. Moreover, the deployed drones are very energy-efficient in the way they operate in the proposed mechanism. This encourages more and more operators to deploy such solutions leveraging their investments.	Congestion mitigation; Cellular networks; drone relays; Mobility mechanism; Traffic hotspot localization	10.1109/IWCMC.2016.7577063	NO
-----	---	------	---	--	--	----------------------------	----

Q04	Deconflicting the urban drone airspace	2017	Peinecke, Niklas Kuenz, Alexander	International parcel services as well as online retailers are planning to install their own delivery drone fleets in the foreseeable future. Given the typical volumes of such businesses it is likely that this poses huge demands on the urban airspace in terms of capacity and conflict resolution. Current UTM concepts devise means to automatically detect and solve conflicts in smaller scales. However, it is yet unanswered to what degree a conflict-free operation of hundreds or thousands of drones occupying the same airspace is possible. In this paper we present a generic simulation framework that can load a given urban airspace with a specified demand or frequency of delivery drones. Based on actual street map data the user can specify a delivery area, a regular or randomized delivery schedule and a number of logistic centers to start from. Random destinations are then picked from the street maps and drones are scheduled to service these destinations. Further, the system analyzes the pre-planned drone schedule for conflicts and tries to resolve these conflicts without delaying individual drones too much. We detail statistics on how responsive the system is to unexpected events like emergency helicopters. The results give first insights, to what degree automatic de-conflicting solutions may work in urban areas.	UAS; urban airspace; UTM; conflict detection; deconflicting	10.1109/DASC.2017.8102048	NO
-----	--	------	-----------------------------------	---	---	---------------------------	----

Q05	Auto-detection of unusual events in metro stations via security cameras	2013	Dağlı, Mehmet Ali Erdem, Çiğdem Eroğlu	Due to the excess of the security cameras on the metro stations; staff is unable to track all of the cameras at same time. So that he may miss many of the important events. In order to detect these events automatically and generate warnings to the staff for preventing events before dangerous results occurred is the main goal of the research. With this study functions like train detection, yellow line intrusion, fallen passenger detection, restricted area violation and open door detection are realized. According to the 200 hours tests system reaches more than 99% success rate about detecting events.	Adaptation models; Cameras; Conferenc es; Image processing ; Rail transportat ion; Security; US Departmen t of Defense	10.1109/SI U.2013.65 31414	SI
Q06	Security and Trust for Surveillance Cameras	2017	Boyarinov, Konstantin Hunter, Aaron	We address security and trust in the context of a commercial IP camera. We take a hands-on approach, as we not only define abstract vulnerabilities, but we actually implement the attacks on a real camera. We then discuss the nature of the attacks and the root cause; we propose a formal model of trust that can be used to address the vulnerabilities by explicitly constraining compositionality for trust relationships.	Cameras; Feeds; IP networks; Standards; Surveillan ce	10.1109/C NS.2017.8 228676	SI

Q07	Delay analysis for drone-based Vehicular Ad-hoc Networks	2017	Seliem, Hafez Ahmed, Mohamed H Shahidi, Reza Shehata, Mohamed S	Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) or drones in Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs) has started to attract attention. This paper proposes a mathematical framework to determine the minimum drone density (maximum separation distance between two adjacent drones) that stochastically limits the worst case for the vehicle-to-drone packet delivery delay. In addition, it proposes a drones-active service (DAS) that is added to the location service in a VANET to obtain the required number of active drones based on the current vehicular density while satisfying a probabilistic requirement for vehicle-to-drone packet delivery delay. Our goal is boosting VANET communications using infrastructure drones to achieve the minimum vehicle-to-drone packet delivery delay. We are interested in two-way highway VANET networks with low vehicular density. The simulation results show the accuracy of our mathematical framework and reflect the relation between the vehicle-to-drone packet delivery delay and the drone density.	Autonomous aerial vehicles; delays; vehicular ad hoc networks	10.1109/PI-MRC.2017.8292241	NO
-----	--	------	---	---	---	-----------------------------	----

Q08	Developing Criteria for Invasion of Privacy by Personal drone	2017	Park, So- hyeon Lee, Kyung- ho	Vehicular ad-hoc network (VANET) technology enables ad-hoc communication between vehicles, or vehicles and road-side units (RSUs). Many vehicle manufacturers have equipped their new vehicles with global positioning systems (GPSs) and wireless communication devices. In addition, the United States Federal Communications Commission (FCC) has allocated 75 MHz of the radio spectrum at 5.9 GHz to be used by Dedicated Short Range Communications (DSRC) [1]. One of the most important goals of VANETs is to provide safety applications for passengers. In addition, VANETs provide comfort applications to users (e.g., mobile e-commerce, and weather information).	Autonomo us aerial vehicles; delays; vehicular ad hoc networks	10.1109/PI MRC.2017 .8292241	NO
-----	---	------	---	---	--	------------------------------------	----

Q09	drone detection by Ku-band battlefield radar	2017	Ochodnický, Ján Matousek, Zdenek Babjak, Marián Kurty, Ján	The intensive research and development efforts in the area of unmanned aerial vehicles (UAV) detection for security applications is observed in the last decade. The published research results are focused on applications in particular domains (e.g. acoustic, ultrasonic, optical, infrared, radiofrequency...) whereas the probability characteristics for each assumed application evaluation are needed. This paper includes the theoretical analysis of battlefield pulse radar detection probability and range for small UAV. The interdependence between Signal-to-Noise Ratio (SNR) and small UAV Radar Cross Section (RCS) is derived. The results of dynamic flight test series conducted to evaluate the detection performance of three drone size categories by pulse Ku-band short range battlefield radar are presented. Some dependences of the SNR and probability of detection on the drone sizes are determined.	Battlefield radar; unmanned aerial vehicle; radar cross-section; radar measurements	10.1109/MILTECHS.2017.7988830	NO
Q10	Indoor vision based guidance system for autonomous drone and control application	2017	Suwansriksam, Parinya Singkhamfu, Phudinan	drone is not the only high-tech toy anymore. It has been using an onboard range of applications from civilian to military, including indoor and outdoor operations. Outdoor drone relies on GPS signal to locate its position. It is different from the indoor drone. In this paper, the indoor drone is a review in many aspects also it is current one of must interested topic for researchers who have the main area in autonomous robotic and aerial technology.	drone; UAV	10.1109/ICDAMT.2017.7904945	SI

Q11	Liquid feeding system using cooperative towing by multiple drones—1st report: Derivation of the flyable range while towing a tube	2017	Suzuki, Masaya Yokota, Sho Imadu, Atsushi Matsumoto, Akihiro Chugo, Daisuke Hashimoto, Hiroshi	Recently, some spraying systems have been proposed that use a drone towing a liquid tube. However, towable tube length is limited due to the payload of a drone, and there is a possibility of liquid leakage from the tube or that the drone will fall. To solve these problems, this research proposes a liquid feeding system where the tube and cables are towed cooperatively by multiple drones. By using multiple drones, the length of the towable tube can be longer, and the working space can be enlarged. In addition, if the power cable is also towed together with the tube the amount of time the drone can be used will increase because a battery will not be necessary. In particular, this paper describes the movable range of the drones while considering tube tension.	drones; Electron tubes; Force; Liquids; Power cables; Payloads; Spraying	10.1109/R OMAN.20 17.817246 1	NO
-----	---	------	---	--	--	--	----

Q12	Mobile Target Coverage and Tracking on drone-Be-Gone UAV Cyber-Physical Testbed	2017	Khan, Mouhyemen Heurtefeux, Karel Mohamed, Amr Harras, Khaled A Hassan, Mohammad Mehedi	Mobile wireless sensor networks have been extensively deployed for enhancing environmental monitoring and surveillance. The availability of low-cost mobile robots equipped with a variety of sensors makes them promising in target coverage tasks. They are particularly suitable where quick, inexpensive, or nonlasting visual sensing solutions are required. In this paper, we consider the problem of low complexity target tracking to cover and follow moving targets using flying robots. We tackle this problem by clustering targets while estimating the camera location and orientation for each cluster separately through a cover-set coverage method. We also leverage partial knowledge of target mobility to enhance the efficiency of our proposed algorithms. Three computationally efficient approaches are developed: predictive fuzzy, predictive incremental fuzzy, and local incremental fuzzy. The objective is to find a compromise among coverage efficiency, traveled distance, number of drones required, and complexity. The targets move according to one of the following three possible mobility patterns: random waypoint, Manhattan grid, and reference point group mobility patterns. The feasibility of our algorithms and their performance are also tested on a real-world indoor testbed called drone-be-gone, using Parrot AR.drone quadcopters. The deployment confirms the results	Algorithm design and analysis; autonomous agents; clustering algorithms; cyber-physical systems; unmanned vehicles	10.1109/JSYST.2017.2777866	SI
-----	---	------	---	---	--	----------------------------	----

				obtained with simulations and highlights the suitability of the proposed solutions for real-time applications.			
--	--	--	--	--	--	--	--

Q13	Wireless Security System Incorporating Tilt Sensors and Web Cameras	2013	Kim, Hong-Chul Kim, Woo-Sung Im, Dong-Hyuk Park, Geun-Duk	The need for research and development of the security and alarm devices has been expanding in order to prevent growing crimes. In this paper, we propose the security system using both sensors and cameras to complement the drawbacks of the existing system. The sensors are used to recognize emergency situations more correctly, and cameras to overcome the difficulty of on-site check. Also, the user can directly check the situation of the scene from the server or user's smart phone.	Servers; Cameras; Security; Sensor systems; Intelligent sensors; Smart phones	10.1109/I CISA.201 3.6579339	SI
Q14	Real-time super resolution algorithm for security cameras	2015	Gohshi, Seiichi	Security is one of the most important things in our daily lives. Security camera systems have been introduced to keep us safe in shops, airports, downtowns, and other public spaces. Security cameras have infrared imaging modes for low-light conditions. However, infrared imaging sensitivity is low, and the quality of images recorded in low-light conditions is often poor as they do not always possess sufficient contrast and resolution; thus, infrared imaging devices produce blurry monochrome images and videos. A real-time nonlinear signal processing technique that improves the contrast and resolution of low-contrast infrared images and video is proposed. The proposed algorithm can be installed in a field programmable array.	Cameras; Image edge detection; Image resolution; Real-time systems; Security; Signal processing ; Signal		SI

					processing algorithms		
Q15	Enhancing Wi-Fi based Indoor Pedestrian Dead Reckoning with Security Cameras	2016	Li, Yuqi He, Zhe Nielsen, John	A new method to enhance Wi-Fi based indoor Pedestrian Dead Reckoning (PDR) in corridors by fusing uncalibrated security cameras is proposed in this paper. An algorithm using uncalibrated security cameras to infer a user's heading in corridors is developed. Android devices and a security camera system are used to build up an experimental platform for field data collection and algorithm development/assessment. Experimental results have shown that by incorporating heading estimates from security cameras, the Wi-Fi based PDR performance is improved.	Kalman filter; PDR; RSS; Wi-Fi; heading; security cameras; trilateration	10.1109/U PINLBS.2 016.78099 58	SI

Q16	Research on the Hardware Structure Characteristics and EKF Filtering Algorithm of the Autopilot PIXHAWK	2016	Feng, Lin Fangchao, Qi	PIXHAWK is a low-cost and high-performance autopilot, which inherits the advantages of APM and PX4, and makes improvements on the basis of it. PIXHAWK is a dual processor Flight Controller with a strong computing power of 32 bit STM32f427 Cortex M4 MHz/256 core 168KB RAM/2MB Flash bit processor. There is also a major position in the industrial use of the co-processor 32bit STM32F103, and it is safe and stable. So it can support the operation requirements of various algorithms, EKF algorithm can be perfect in the PIXHAWK, so it can satisfy the further optimization operation of the attitude detection. Moreover, PIXHAWK has dual sensor that is dual GPS, dual compass, dual accelerometer and dual gyro.	Accelerometers; Attitude control; Compass; Estimation ; Filtering algorithms ; Hardware; Mathematical model	10.1109/I MCCC.20 16.128	SI
-----	---	------	------------------------------	--	---	--------------------------------	----

Q17	Fuzzy clustering based nonlinear system identification and controller development of Pixhawk based quadcopter	2017	Ferdous, Md Meftahul Anavatti, Sreenatha G Garratt, Matthew A Pratama, Mahardhika	Recently, the quadcopter configuration is becoming prevalent for both civilian and military applications, and research is continuing to improve its controllability. However, most the control methodologies depend on accurate system models which are derived from six degrees of freedom nonlinear system dynamics and they generally do not consider realistic outdoor perturbations and uncertainties. As a solution, model-free data-driven system identification and controlling of quadcopter have been refined in this paper. This nonlinear multiple input-multiple output system identification is proliferated using a fuzzy clustering model. The accuracy of the identification is seen to very high. The results of a PID controller used in conjunction with the identified fuzzy model is also presented. The PID controller with the fuzzy identified model is seen to precisely follow the commanded signals.	clustering; fuzzy; quadcopter ; system identification on	10.1109/I CACI.201 7.7974513	SI
-----	---	------	---	--	--	------------------------------	----

Q18	Integration of model reference adaptive control (MRAC) with PX4 firmware for quadcopters	2017	Niit, Edgar A Smit, Willie J	Standard control laws have unique parameters that yield a certain response according to which model they are implemented on. Changes in the model will result in changes in the response, yielding the need for new ideal parameters. Adaptive controllers have the advantage of reducing the number of control parameters to be chosen by the pilot. Reducing this number of parameters can be beneficial, as obtaining the ideal parameters can become a time consuming process. Model reference adaptive control (MRAC) is the control approach that is considered in this paper. This approach has previously been implemented on a quadcopter by Achtelik [Adaptive Control of a Quadcopter in the Presence of large/complete Parameter Uncertainties, 1, (2011)]. It is desired to implement the adaptive controller on the Pixhawk flight controller. The designed controller should integrate well with the existing PX4 firmware to allow users to still be able to use the flight controller as before. In order to integrate the adaptive controller with the PX4 firmware some modifications to the approach followed by Achtelik [1] is required. This paper focuses on the implementation of MRAC in PX4 firmware. This requires the use of rotation matrices as opposed to Euler angles. The mixer is also extracted from the adaptive law. From simulations it can be seen that rotation matrices show a	Adaptive controller; MRAC; PX4 firmware; Pixhawk	10.1109/M2VIP.2017.8211479	SI
-----	--	------	---------------------------------	--	--	----------------------------	----

				significant improvement in reference tracking when it comes to simultaneous pitch, roll and yaw inputs. An autonomous mission was flown with the newly designed adaptive controller and also with the original PX4 controller. This showed successful integration of the adaptive controller with the existing firmware. An improvement in reference tracking for the adaptive controller, as opposed to the PX4 controller, was also found.			
--	--	--	--	---	--	--	--

Q19	PIXHAWK: A System for Autonomous Flight using Onboard Computer Vision	2011	Meier, Lorenz Tanskanen, Petri Heng, Lionel Lee, Gim Hee Fraundorfer, Friedrich Pollefeys, Marc	We provide a novel hardware and software system for micro air vehicles (MAV) that allows high-speed, low-latency onboard image processing. It uses up to four cameras in parallel on a miniature rotary wing platform. The MAV navigates based on onboard processed computer vision in GPS-denied in- and outdoor environments. It can process in parallel images and inertial measurement information from multiple cameras for multiple purposes (localization, pattern recognition, obstacle avoidance) by distributing the images on a central, low-latency image hub. Furthermore the system can utilize low-bandwidth radio links for communication and is designed and optimized to scale to swarm use. Experimental results show successful flight with a range of onboard computer vision algorithms, including localization, obstacle avoidance and pattern recognition.	Cameras; Computer vision; Vehicles; Pipelines; Protocols; Universal Serial Bus; Kalman filters	10.1109/I CRA.2011 .5980229	NO
-----	---	------	--	--	--	-----------------------------------	----

Q20	Implementación de un Sistema de Seguridad Independiente y Automatización de una Residencia por medio del Internet de las Cosas	2016	Lanfor, Oscar Gabriel Fuentes Pérez, José Fernando Pérez	The current residences have noted that they need to renew the surveillance and security systems within them, as well as to optimize various functions to improve the efficiency and comfort in the performance of the activities in which the individuals wish to develop, making use of the technology, Domotics and the Internet of Things has implemented a security system that allows streaming video to be transmitted to the user, allowing the monitoring of different environments. In the residence automation you can control various functions such as switching off and on 18 lights and two doors, the use of motion sensors that provide information through notifications in a web interface. Using infrared passive sensors HC-SR501 allows to control this control system reliably, with a precise level of acceptance; also the control with a Raspberry Pi increases the possibilities of improving the conditions of the control system.	Automatización; Control de iluminación; Control de temperatura; Eficiencia; Iluminación; Modernización; Optimización; Raspberry Pi; Red local; Internet de las cosas; Residencia ;	10.1109/C ONESCA PAN.2017. 8277600	SI
-----	--	------	--	--	---	------------------------------------	----

						Seguridad; Sensor de movimient o; Streaming; Vigilancia		
--	--	--	--	--	--	--	--	--

Q21	Optimizing Energy Consumption and User Experience in a Mobile Video Streaming Scenario	2018	Breitbach, Thomas Sanders, Peter Schultes, Dominik	When a smartphone receives data via a mobile network, client-side energy consumption depends - among others - on the available bandwidth, which typically varies while traveling. Based on this observation, we firstly design and analyze a generic dynamic programming approach - solely at the application layer/at client's side - that can be used to optimize various target values w.r.t. mobile video streaming, and secondly develop concrete variants of our general approach in order to optimize energy consumption and user experience using historic data to make assumptions on the available bandwidths along a planned journey. We are able to compute all schedules that lead to Pareto-optimal solutions in quadratic time. Applying our approach to the real-world scenario of train rides provokes several challenges, mainly due to the facts that trains usually do not keep schedules to the split second and that the available bandwidth at one particular client may be significantly smaller during rush hour than during other times of day. We tackle these challenges by employing our own simulation environment to analyze the dependencies on the time of day and to optimize various robustness parameters. In extensive real-world experiments - spending more than 200 hours in local trains - we demonstrate	Streaming media; Energy consumption; Schedules; Bandwidth ; Heuristic algorithms ; Loading; Bit rate	10.1109/CNC.2018.8319166	SI
-----	--	------	--	--	--	--------------------------	----

				that it is feasible to simultaneously improve the user experience and to save communication energy.			
--	--	--	--	---	--	--	--

Q22	Machine Learning Based Subjective Quality Estimation for Video Streaming over Wireless Networks.	2017	Singhal, Chetna Tadepalli, Goutham Teja	Now-a-days Wireless transmission is the major medium for video streaming. The standard codecs employed in video transmission removes the spatial and temporal redundancies to decrease the required bandwidth, This may decrease the perceptual quality of the video. So, it is important to develop frameworks that will measure the integrity of video just as a human does. Various objective and subjective parameters can be used to rate the quality of a video. The proposed algorithm employs machine learning (linear regression and support vector regression) to predict subjective quality of H.264 videos streamed over wireless networks from their objective scores. This method helps in evaluating Quality of user experience (QoE) without involving human efforts with an accuracy of 85.96% and 90.049% (on average) using linear regression and support vector regression, respectively.	Streaming media; Motion pictures; Measurement; Indexes; Cameras; Wireless communication; Quality assessment	10.1109/WPMC.2017.8301852	SI
-----	--	------	---	---	---	---------------------------	----

Q23	A new live video streaming approach based on Amazon S3 pricing model	2018	Tian, Yun Babcock, Ryan Taylor, Carol Ji, Yanqing	Video has become a mainstream media source on the web, and live video streaming is growing as a prominent player in the modern marketplace for both businesses and individuals. Due to elasticity and on-demand nature that cloud computing provides, more and more video service providers (VSP) utilize cloud infrastructures to provide cloud-based video applications. In this work, we propose Cloud Live Video Streaming (CLVS) - a new approach to efficiently stream live video that is based on Amazon S3 pricing model. In the design of CLVS, when a source video is being recorded by a mobile device, on which then it is segmented and encoded. Next, those video segments are pushed into a designated Amazon S3 bucket. On end-user devices, the client program of CLVS directly retrieves the most recent video segment from the S3 bucket, then performs decoding and video playing back. By using Amazon S3 service, our CLVS employs what is referred to as a “serverless” design by eliminating the needs for an intermediary and persistently running streaming server. Thus, VSPs do not have to pay for the idle time found on the traditional streaming servers, but still are able to continually provide live video streams to end viewers. We implement a prototype of CLVS and optimize its performance by using multithreaded prefetching and caching techniques. In	Cameras; Indexes; Measurement; Motion pictures; Quality assessment; Streaming media; Wireless communication	10.1109/CWC.2018.8301615	SI
-----	--	------	--	--	---	--------------------------	----

				experiments, we compare our CLVS with an existing video streaming software - Wowza Streaming Engine. Experiment results indicate that CLVS not only outperforms Wowza in many aspects of video streaming performance, but also financially costs less.			
--	--	--	--	---	--	--	--

Doctora María Elena Ramírez Aguilar, Secretaria de la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Azuay

CERTIFICA:

Que, el Consejo de Facultad en sesión del 11 de mayo de 2018, conoció y aprobó la solicitud para realización del trabajo de titulación, presentada por :

Estudiantes: Marco Andrés Banegas Guerrero (cód. 72409) y William Orlando Villa Villa (cód. 73314)

Tema: “Sistema de seguridad residencial en zona de expansión urbana y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado”
Previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Telemática

Director: Ing. Esteban Crespo

Tribunal: Ing. Diego Chacón
Ing. Fabián Carvajal

Plazo de presentación del trabajo de titulación, con la calificación del Director: seis meses a partir de la fecha de aprobación, esto es hasta el 11 de noviembre de 2018.

E INFORMA:

Que en aplicación de la Disposición General Cuarta del Reglamento de Régimen Académico vigente, en caso de que los estudiantes no culminen y aprueben el trabajo de titulación luego de dos períodos académicos contados a partir de la fecha de culminación de estudios, deberán realizar la actualización de conocimientos previa a su titulación.

Cuenca, 14 de mayo de 2018

 UNIVERSIDAD DEL AZUAY | Ciencias de la Administración
Facultad:

Dra. María Elena Ramírez Aguilar
Secretaría : Abogada

CONVOCATORIA

Por disposición de la Junta Académica de la escuela de Ingeniería de Sistemas y Telemática se convoca a los Miembros del Tribunal Examinador, a la sustentación del Protocolo del Trabajo de Titulación: **“Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado”**, presentado por los estudiantes Marco Andrés Banegas Guerrero y William Orlando Villa Villa con códigos 72409 y 73314 respectivamente, previa a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Telemática, para el día **Miércoles, 09 de mayo de 2018 a las 07:40.**

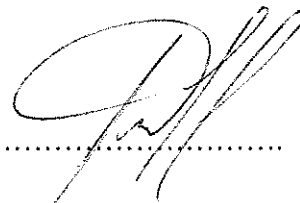
Tomar en cuenta que posterior a la sustentación del Diseño del Trabajo de Titulación, por ningún concepto se puede realizar modificaciones ni cambios en los documentos; únicamente, en caso de diseño aprobado con modificación, el Director adjuntará al esquema un oficio indicando que se procede con los cambios sugeridos.

Cuenca, 07 de mayo de 2018

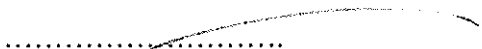


Dra. María Elena Ramírez Aguilar
Secretaria de la Facultad

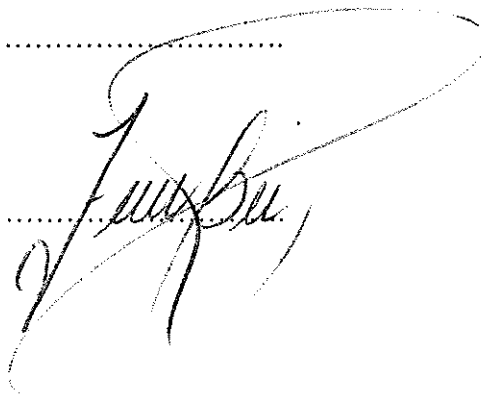
Ing. Esteban Crespo



Ing. Diego Chacón



Ing. Fabián Carvajal





ACTA
SUSTENTACIÓN DE PROTOCOLO/DENUNCIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Fecha de sustentación: **Miércoles, 09 de mayo de 2018 a las 08:00**

- 1.1. Nombre del estudiante: Marco Andrés Banegas Guerrero y William Orlando Villa Villa
1.2. Código: 72409 y 73314 respectivamente
1.3. Director sugerido: Ing. Esteban Crespo Martínez
1.4. Codirector (opcional): _____
1.4.1. Tribunal: Ing. Diego Chacón e Ing. Fabián Carvajal
1.4.2. Título propuesto: **"Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado"**
1.4.3. Aceptado sin modificaciones :

1.4.4. Aceptado con las siguientes modificaciones:

- Definir el sector poblacional al que va dirigido el proyecto,
- Cambio de la palabra diseño por Implementación o Integración

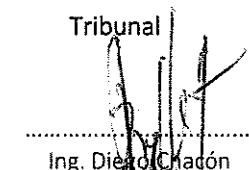
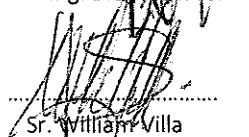
1.4.5. No aceptado

1.4.6. Justificación:


Ing. Esteban Crespo

Sr. Andrés Banegas

Tribunal


Ing. Diego Chacón

Sr. William Villa


Ing. Fabián Carvajal

Dra. María Elena Ramírez Aguilar
Secretaria de la Facultad



RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO DE TRABAJO DE TITULACIÓN
(Tribunal)

- 1.1. Nombre del estudiante: Marco Andrés Banegas Guerrero y William Orlando Villa Villa
1.2. Código : 72409 y 73314 respectivamente
1.3. Director sugerido:
1.3.1. Codirector (opcional): Ing. Esteban Crespo Martínez
1.3.2. Título propuesto: **"Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado"**
1.3.3. Revisores tribunal: Ing. Diego Chacón e Ing. Fabián Carvajal
1.4. Recomendaciones generales de la revisión:

	Cumple	No cumple
Problemática y/o pregunta de investigación		
1. ¿Presenta una descripción precisa y clara?	X	
2. ¿Tiene relevancia profesional y social?	X	
Objetivo general		
3. ¿Concuerda con el problema formulado?	X	
4. ¿Se encuentra redactado en tiempo verbal infinitivo?	X	
Objetivos específicos		
5. ¿Permiten cumplir con el objetivo general?	X	
6. ¿Son comprobables cualitativa o cuantitativamente?	X	
Metodología		
7. ¿Se encuentran disponibles los datos y materiales mencionados?	X	
8. ¿Las actividades se presentan siguiendo una secuencia lógica?	X	
9. ¿Las actividades permitirán la consecución de los objetivos específicos planteados?	X	
10. ¿Las técnicas planteadas están de acuerdo con el tipo de investigación?	X	
Resultados esperados		
11. ¿Son relevantes para resolver o contribuir con el problema formulado?	X	
12. ¿Concuerdan con los objetivos específicos?	X	
13. ¿Se detalla la forma de presentación de los resultados?	X	
14. ¿Los resultados esperados son consecuencia, en todos los casos, de las actividades mencionadas?	X	

Ing. Esteban Crespo

Ing. Diego Chacón

Ing. Fabián Carvajal

Oficio Nro. 019-2018-DIST-UDA

Cuenca, 2 de mayo de 2018

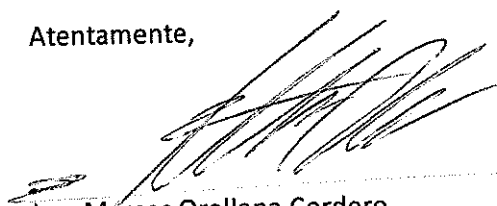
Señor Ingeniero
Oswaldo Merchán Manzano
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
Presente.-

De nuestras consideraciones:

La Junta Académica de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Telemática, reunida el día 2 de mayo del 2018, recibió el proyecto de tesis titulado "Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado", presentado por Andrés Banegas y William Villa estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Telemática, y revisado por el Ing. Esteban Crespo previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Telemática.

Por lo expuesto, y de conformidad con el Reglamento de Graduación de la Facultad, recomendamos como director y responsable de aplicar cualquier modificación al diseño del trabajo de graduación posterior al Ing. Esteban Crespo, como co-director y miembro del tribunal al Ing. Diego Chacón, y como miembro de tribunal al Ing. Fabián Carvajal.

Atentamente,



Ing. Marcos Orellana Cordero
Coordinador Escuela de Ingeniería de Sistemas y Telemática
Universidad del Azuay

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y TELEMÁTICA

FECHA: 07 de MAYO DE 2018.

Estudiante: Andrés Banegas y William Villa

Cuenca, 4 de mayo de 2018

Ingeniero

Oswaldo Merchán

Decano de la Facultad de Ciencias de la Administración

Presente

De mi consideración:

Por la presente, me permito informarle que he revisado el diseño de tesis presentado por los estudiantes **Marco Andrés Banegas Guerrero y William Orlando Villa Villa** con tema es *"Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado"*, como requisito previo para la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Telemática.

Al respecto, el diseño de tesis presenta una estructura teórica, metodológica y técnica coherente, cuyo objetivo es el proponer una solución de seguridad de vigilancia mediante un dispositivo no tripulado (drone) activado por geoposicionamiento y transmisión de video en tiempo real, basados en áreas de conocimiento de redes, seguridad informática, información geográfica, electrónica y programación.

Por lo expuesto, emito informe favorable y recomiendo su aprobación.

Atentamente



Esteban Crespo Martínez

Director sugerido

Cuenca, 9 de mayo de 2018

Ingeniero

Oswaldo Merchán

Decano de la Facultad de Ciencias de la Administración

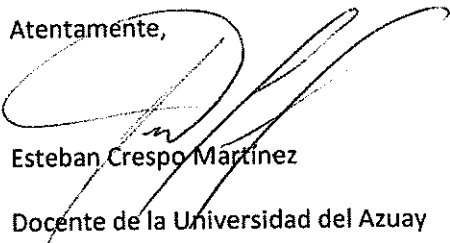
Presente

De mi consideración:

Por la presente, en calidad de director del trabajo de graduación, me permito informarle que los estudiantes **Andrés Banegas y William Villa** con tema *"Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado"*, han realizado todos los cambios según las sugerencias del tribunal examinador, posterior a la sustentación del diseño.

Por lo expuesto, emito el informe favorable y recomiendo su continuación con el proceso.

Atentamente,



Esteban Crespo Martínez

Docente de la Universidad del Azuay



Oficio Estudiante: **Solicitud aprobación de Protocolo de Trabajo de Titulación.**

Cuenca, de 4 de mayo de 2018

Ingeniero,
Oswaldo Merchán Manzano
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
UNIVERSIDAD DEL AZUAY

De mi consideración,

Estimado Señor Decano, nosotros **Marco Andrés Banegas Guerrero y William Orlando Villa Villa** con C.I. **0105213409 y 0105026538**, código estudiantil **72409 y 73314**; estudiantes de la Carrera de Sistemas y Telemática, solicitamos muy comedidamente a usted por su intermedio al Consejo de Facultad, la aprobación del protocolo de trabajo de titulación con el tema **"Sistema de seguridad residencial y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado"** previo a la obtención del título de ingeniero en Sistemas y Telemática para lo cual adjuntamos la documentación respectiva.

Por la favorable acogida que brinde a la presente, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente:

Marco Andrés Banegas Guerrero

William Orlando Villa Villa

Estudiantes de la carrera de Sistemas y Telemática.





DOCTORA MARIA ELENA RAMIREZ AGUILAR, SECRETARIA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY.

CERTIFICA:

Que, el señor **Marco Andrés Banegas Guerrero**, registrado con código 72409, alumno de la
carrera de Ingeniería de Sistemas y Telemática, tiene aprobado el 91.11% de créditos de su malla
curricular.

Cuenca, 26 de Abril de 2018

Dra. María Elena Ramírez Aguilar
**SECRETARIA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION**



No. Derecho 0171681
rgp.-

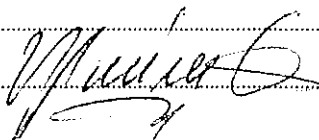


DOCTORA MARÍA ELENA RAMÍREZ AGUILAR, SECRETARIA DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL
AZUAY

CERTIFICA:

Que, el señor **VILLA VILLA WILLIAM ORLANDO**, con código **73314**, alumno de la
carrera de **INGENIERIA DE SISTEMAS Y TELEMATICA**, tiene aprobado el **91,11%**
de créditos de su malla curricular.

Cuenca, 23 de abril de 2018



Dra. María Elena Ramírez Aguilar
**SECRETARIA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN**



Derecho No. 001-001-000171682
mjmr.-



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
INGENIERIA EN SISTEMAS Y TELEMÁTICA
DISEÑO DE TESIS

1. DATOS GENERALES

1.1 Nombre del estudiante: Andrés Banegas, William Villa

1.1.1 Código: 72409, 73314

1.1.2 Contacto: 09957451111, 0989994169

1.2 Director sugerido: Crespo Martínez Paúl Esteban

1.2.1 Contacto: ecrespo@uazuay.edu.ec

1.3 Co-director sugerido: Chacón Troya Diego Paúl

1.4 Asesor metodológico:

1.5 Tribunal designado:

1.6 Aprobación:

1.7 Línea de Investigación de la carrera:

1.7.1 Código UNESCO: 1203 – Informática de computadores

1.7.2 Tipo de trabajo: Proyecto telemático

1.8 Área de estudio: Telecomunicaciones, ingeniería electrónica, programación.

1.9 Título propuesto: Sistema de seguridad residencial en zona de expansión urbana y

monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado.

1.10 Subtítulo:

1.11 Estado del proyecto: Nuevo



2. CONTENIDO

2.1. Motivación de la investigación:

En la actualidad la tecnología permite realizar diferentes tareas de forma autónoma sin la necesidad de la intervención humana; el objetivo más relevante de esta automatización es evitar que una persona se exponga a situaciones de peligro. Del material científico revisado, se observó que no existe un sistema de seguridad autónomo con visión artificial para uso doméstico, lo que evitaría exponer al propietario de una vivienda o un guardia de seguridad a un evento en el que corra peligro su integridad física.

2.2. Problemática:

Hoy en día la seguridad personal y de los bienes personales es un aspecto que está recobrando fuerza debido a la gran cantidad de incidentes que se presentan. Garantizar la seguridad de quienes habitan una vivienda es una necesidad fundamental. Considerando lo que expone Maslow en su teoría, la segunda necesidad luego de la fisiológica, es la de seguridad.

2.3. Pregunta de investigación:

¿Es posible aumentar la seguridad en los hogares con un sistema que utiliza un vehículo aéreo no tripulado?

2.4. Resumen:

Este proyecto se enfoca en proveer un mecanismo de monitoreo autónomo apoyado en las tecnologías de la información y en los sistemas telemáticos, cuyo objetivo primordial consiste en controlar una zona específica de la vivienda para identificar alguna anomalía o incidente de seguridad dentro de su perímetro, evitando los riesgos a los que podrían estar expuestos los guardias de seguridad o cualquier otra persona que haga estas labores de vigilancia.

Por estas razones se propone la implementación de un sistema de seguridad y monitoreo autónomo utilizando la tecnología de un vehículo aéreo no tripulado (Drone), considerando i) el iniciar con el análisis geográfico de la vivienda para la implementación del sistema; ii) consecuentemente se realizará un sistema de alarma con sensores de movimiento que permitirá la activación y vuelo autónomo del Drone enviando las coordenadas de ubicación para el monitoreo; iii) después se procederá a la fase de armado y programación del Drone utilizando la tecnología Pixhawk, iv) también se implementará un servidor donde se recibirá toda la información y datos multimedia enviados por el Drone para presentarlos en un navegador Web o un dispositivo móvil. Con el Drone preparado, se comenzarán las pruebas de monitoreo de la

ubicación del sensor activado, además del envío de la información multimedia mediante transmisión de video al servidor y posterior emisión en tiempo real al usuario (*streaming*).

2.5. Indagación Exploratoria:

Video Vigilancia.

La delincuencia es un problema que año tras año va en aumento, debido a la falta de empleo o el incremento del costo de vida. Según CEDATOS, en el Ecuador el 60% de las situaciones delincuenciales hacen referencia a robos o asaltos, y un 12% a los robos en domicilios. Actualmente puede conseguirse una variedad de cámaras de seguridad, las cuales permiten capturar diversos eventos inusuales. El objetivo de esta investigación es detectar estos eventos automáticamente y generar advertencias al usuario, permitiendo conocer el grado de peligrosidad del mismo; por ejemplo: intrusión en áreas restringidas, detección de puertas abiertas sin autorización y otros eventos que pongan en riesgo la seguridad de las áreas protegidas. (Mehmer & Cigdem, 2013)[1]

La necesidad de investigación y el desarrollo de nuevas alternativas para dispositivos de seguridad y alarmas ha ido en aumento. Se propone implementar sistemas de seguridad con sensores y cámaras para complementar el funcionamiento de los sistemas existentes. Los sensores se utilizan para reconocer situaciones de emergencia con mayor precisión y para superar la dificultad de la verificación en el sitio. Además, el usuario puede verificar directamente el estado en una página web o teléfono inteligente. (Hong-Chul, Woo-Sung, Dong-Hyuk, & Geun-Du, 2013)[2]

Los sistemas de cámaras de seguridad se han introducido para mantener la seguridad en tiendas, viviendas, aeropuertos y otros espacios públicos y privados. Éstas proporcionan imágenes de alta calidad a costos muy elevados, al utilizar cámaras de gama media a costos razonables proporcionan imágenes de buena calidad, pero en condiciones de poca luz proporciona imágenes y videos borrosos. Se propone utilizar una técnica de procesamiento de señal no lineal en tiempo real, lo que mejora el contraste y la resolución de imágenes y video. (Seiichi, 2015) [3]

Con la ayuda de los sistemas de cámaras de seguridad se propone implementar un método para el registro de personas en áreas predefinidas. Se desarrolla un algoritmo que utilice las cámaras de seguridad para inferir el rumbo de una persona en un área. Con la ayuda del algoritmo se detectará a personas que estén en áreas prohibidas o restringidas. Se realizará los correspondientes análisis de la efectividad del algoritmo y las condiciones en que presente la mejor efectividad. (Yuqi, Zhe, & Nielsen, 2016) [4]

La interferencia electromagnética constituye un problema grave para el diseño y operación de dispositivos o sistemas de seguridad electrónicos y eléctricos debido a que el deterioro de la función del dispositivo genera complicaciones de seguridad. Las complicaciones pueden estar asociadas con falsas alarmas, errores en el control de los dispositivos conectados, defectos de la imagen, pérdidas de comunicación. El objetivo es analizar los reportes que presenta la cámara al estar en constante movimiento y a diferentes distancias con el receptor. (Kovář, Valouch, Urbančoková, & Adámek, 2016) [5]

Cuando se habla de seguridad también se tiene que hablar de la confianza. Al implementar un sistema de seguridad se tiene también que tomar en cuenta cuáles son las vulnerabilidades que presenta el sistema y cuáles son las medidas de seguridad que se van a tomar solucionar dichas vulnerabilidades. Se plantea utilizar un modelo de confianza para realizar un análisis de las vulnerabilidades que presenta el sistema y cuan confiable es el mismo. (Boyarinov & Hunter, 2017) [6]

Armado y programación del Drone.

En primeras instancias, se tomó la decisión de utilizar un Drone ya construido y programado, ya que estos brindan la posibilidad de realizar vuelos autónomos previos a su programación. Al implementar el Drone a un sistema desarrollado por nosotros, comprobamos que es factible programar una sola ruta, limitando la necesidad planteada, puesto que este debería recorrer diferentes rutas según sea el caso. Investigando con mayor profundidad, se tomó la decisión de construir un Drone de autoría propia, armándolo con partes diseñadas específicamente para el propósito buscado. Las partes empleadas son: armazón, control de vuelo autónomo con GPS, sensores de estabilidad, motores eléctricos, cámaras y un módulo Raspberry PI.

El Pixhawk es un hardware para el control de vuelo de aviones no tripulados de código abierto, el mismo que se ha convertido en el más popular del mundo, puesto que brinda todas las características de manejo de un Drone de gama alta; tal como los DJI Phantom, los Parrot Disco FPV, los Parrot Bebop, y muchos otros más. (Feng & Fangchao, 2016) [7]

Recientemente, la configuración de Drone se está volviendo prevalente, tanto para aplicaciones civiles como militares, y la investigación continúa mejorando su control. Los vehículos aéreos no tripulados son capaces de varios modos de vuelo, como el vuelo estacionario sin piloto a bordo. Existen muchas aplicaciones en las que la inclusión humana es problemática, insegura o muy costosa, y crean un gran potencial para los UAV. Los UAV (del inglés unmanned aerial vehicle) se han convertido en un tema interesante para los investigadores en los últimos años, pues consiste en el diseño de un avión no tripulado con vuelo autónomo sin que el usuario interactúe de forma directa. (Ferdous, Anavatti, Garratt, & Pratama, 2017) [8]



Lo principal en un Drone es su modo de vuelo, el Pixhawk tiene diversos modos de vuelo. Para la implementación del sistema de seguridad se utilizará el modo autónomo. Se implementará el controlador adaptativo en el controlador de vuelo Pixhawk. El controlador diseñado debe integrarse bien con el firmware PX4 existente para permitir a los usuarios seguir siendo capaces de usar el controlador de vuelo como antes en caso de alguna emergencia, y así evitar se destruya el Drone por fallas de programación. (Niit & Smit, 2017) [9]

La construcción del Drone proporciona un nuevo sistema de hardware y software para aviones no tripulados, permitiendo el procesamiento de imágenes de alta velocidad. Con el manejo del GPS, su vuelo será más exacto logrando la autonomía planteada. El resultado que se pretende obtener será de un vuelo exitoso. (Lorenz, Tanskanen, Fraundorf, & Pollefeys, 2011) [10]

Sistema de Alarma.

Las residencias actuales han hecho notar que necesitan renovar los sistemas de vigilancia y seguridad dentro de ellos, así como optimizar diversas funciones para mejorar la eficiencia y comodidad en el desempeño de las actividades en las que los individuos deseen desenvolverse. Haciendo uso de la tecnología, domótica y el Internet de las cosas, se ha implementado un sistema de seguridad que permita utilizar la transmisión en vivo de video al usuario, permitiendo monitorear los distintos entornos. (Fuentes Lanfur & Pérez P., 2016) [11]

Cuando un teléfono inteligente recibe datos a través de una red móvil, el consumo de energía del lado del cliente depende, entre otros, del ancho de banda disponible, el mismo que generalmente varía durante el viaje. En base a esta observación, primero diseñamos y analizamos un enfoque genérico de programación dinámica únicamente en la capa de aplicación del lado del cliente, que puede utilizarse para optimizar varios valores de la transmisión de video móvil. (Breitbach, Sanders, & Schultes, 2018) [12]

La transferencia inalámbrica en la actualidad es el principal medio para la transmisión de video. Los códec estándar empleados en la transmisión de video eliminan las redundancias espaciales y temporales para disminuir el ancho de banda requerido. Esto puede disminuir la calidad de percepción del video. (Singhal & Teja T., 2017) [13]

El video se ha convertido en una fuente principal de medios en la web, y la transmisión de video en vivo está creciendo como un jugador destacado en el mercado moderno, tanto para empresas como para particulares. Debido a la elasticidad y la naturaleza bajo demanda que proporciona la computación en la nube, cada vez más proveedores de servicios de video (VSP) utilizan las infraestructuras cloud computing para proporcionar aplicaciones de video basadas en la nube. (Tian, Babcock, Taylor, & Ji, 2018) [14]

2.6. Objetivo general:

Desarrollar un prototipo de sistema de seguridad residencial en zona de expansión urbana y monitoreo autónomo empleando un vehículo aéreo no tripulado.

2.7. Objetivos específicos:

- Realizar el estado del arte sobre aviones no tripulados, tecnología Pixhawk y *streaming*.
- Integrar un sistema de alarma con sensores de movimiento en un área geográfica determinada para la activación y vuelo autónomo del Drone.
- Integrar componentes para ensamblar y programar un vehículo aéreo no tripulado (Drone) utilizando la tecnología Pixhawk.
- Definir y evaluar una infraestructura de monitoreo mediante *streaming* en tiempo real.

2.8. Metodología:

Método experimental: Se trabajará con la tecnología de Pixhawk para la construcción de un vehículo aéreo no tripulado y el manejo de un Raspberry Pi para realizar los vuelos autónomos y otorgar una visión artificial al Drone. Esto permitirá comprender la complejidad de su armado, su programación, la facilidad de acoplamiento con el Raspberry Pi, los vuelos autónomos y la programación para la obtener una visión artificial precisa junto con la implementación de un servidor Web para transmitir en tiempo real lo capturado mediante el sistema de visión artificial.

Método de observación: Ayuda a verificar la precisión que se tendrá en los vuelos autónomos que realizará el Drone, el cual analizará la ruta trazada y la ruta realizada, también se observará la exactitud que tendrá la visión artificial del Drone analizando los resultados obtenidos por la misma. Las observaciones se realizarán por media hora en un lapso de cinco días obteniendo como resultado un historial de vuelo y capturas de imágenes con la visión artificial para su posterior análisis.

Método cuantitativo: Con los datos obtenidos anteriormente se analizará: la posición geográfica de vuelo y su altura los cuales se comparan con los datos programados para obtener un porcentaje de exactitud de vuelo y un análisis de la visión artificial que realizará el Drone verificando la efectividad de reconocimiento de personas.

2.9. Alcances y resultados esperados:

El alcance esperado es un Drone de tecnología Pixhawk que actúe de forma autónoma, y que, mediante su visión artificial, pueda reconocer el entorno de alarma activada para transmitir en tiempo real la información al usuario de lo que está sucediendo ese momento.

2.10. Supuestos y riesgos:

- Tecnología nueva incompatible con dispositivos.
- Elevados costos de los dispositivos que se necesitan.
- Tiempos de espera muy grandes en cuanto a importación de los materiales.

2.11. Esquema tentativo:

Introducción

Capítulo 1: Análisis Geográfico.

Capítulo 2: Sistema de alarma y monitoreo

Capítulo 3: Ensamblaje y configuración del Drone.

Capítulo 4: Servicio de transmisión de video en tiempo real

Conclusiones y trabajos futuros.

Bibliografía.

2.12. Cronograma:

Objetivo	Actividad	Resultado Esperado	Tiempo (Semanas)
1. Realizar el estado del arte sobre aviones no tripulados, tecnología Pixhawk y <i>streaming</i> .	1.1 Conocer los temas específicos que se van a abordar en este proyecto.	Plantear el tema de investigación.	2
	1.2 Identificar los términos o palabras clave para el proceso de investigación.	Facilitar la búsqueda.	2
	1.3 Buscar documentos, artículos e investigaciones que aporten a la investigación.	Ampliar el conocimiento para realizar la implementación correcta.	5
2. Diseñar un sistema de alarma con sensores de movimiento en un área geográfica determinada para la activación y vuelo autónomo del Drone.	2.1. Adquirir materiales.	Contar con los elementos necesarios para el ensamblaje del dispositivo.	4
	2.2 Analizar el área geográfica para conocer la trayectoria del cableado y posición de los accesorios.	Conocer la trayectoria del cableado y posición de los accesorios.	1
	2.3. Instalar los sensores de movimiento en el lugar correspondiente.	Preparar el sistema de seguridad.	2
	2.4. Realizar las conexiones necesarias para que el sistema de alarma quede operativo.	Sistema de monitoreo completamente funcional.	2
3. Diseñar, ensamblar y programar un vehículo aéreo no tripulado (Drone) utilizando la tecnología Pixhawk.	3.1. Adquirir materiales.	Prepararse para el ensamblaje.	4
	3.2. Armar y programar el Drone.	Drone armado.	5
	3.3. Pruebas de vuelo y correcciones de programación.	Pruebas de vuelo realizadas y ajustes requeridos completados.	3
4. Definir y evaluar una infraestructura de monitoreo mediante <i>streaming</i> en tiempo real.	4.1. Implementación del servidor web.	Servidor trabajando correctamente.	4
	4.2. Programación y comunicación del Raspberry Pi 3.	Control autónomo del Drone y <i>streaming</i> .	5
	4.3. Pruebas y ajustes finales.	Sistema en completo funcionamiento.	4



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY

Actividad	Semanas																							
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.1																								
1.2																								
1.3																								
2.1																								
2.2																								
2.3																								
2.4																								
3.1																								
3.2																								
3.3																								
4.1																								
4.2																								
4.3																								

2.13. Referencias:

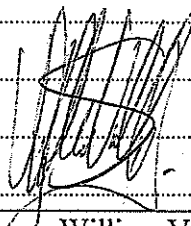
- [1] Mehmet, D., & Çiğdem, E. (2013). Auto-Detection of Unusual Events in Metro Stations. *IEEE*, 4.
- [2] Hong-Chul, K., Woo-Sung, K., Dong-Hyuk, I., & Geun-Du. (2013). Wireless Security System Incorporating Tilt Sensors and Web Cameras. *Department of Computer Engineering*, 2.
- [3] Seiichi, G. (2015). Real-time Super Resolution Algorithm for Security Cameras. *Kogakuin University*, 6.
- [4] Yuqi, L., Zhe, H., & Nielsen, J. (2016). Enhancing Wi-Fi based Indoor Pedestrian Dead Reckoning with Security Cameras. *University of Calgary*, 6.
- [5] Kovář, S., Valouch, J., Urbančoková, H., & Adámek, M. (2016). Impact of Security Cameras on Electromagnetic Environment in Far and Near-Field. *Tomas Bata University in Zlin*, 4.
- [6] Boyarinov, K., & Hunter, A. (2017). Security and Trust for Surveillance Cameras. *British Columbia Institute of Technology*, 2.
- [7] Feng, L., & Fangchao, Q. (2016). Research on the Hardware Structure Characteristics and EKF Filtering Algorithm of the Autopilot PIXHAWK. *College of Automation*, 4.
- [8] Ferdous, M., Anavatti, S., Garratt, M., & Pratama, M. (2017). Fuzzy clustering based nonlinear system identification and controller development of Pixhawk based quadcopter. *School of Engineering and Information Technology*, 8.
- [9] Niit, E., & Smit, W. (2017). Integration of Model Reference Adaptive Control. *Mechanical and Mechatronic Engineering Department*, 6.
- [10] Lorenz, M., Tanskanen, P., Fraundorf, F., & Pollefeys, M. (2011). PIXHAWK: A System for Autonomous Flight using Onboard Computer Vision. *Friedrich*, 6.
- [11] Fuentes Lanfur, O., & Pérez P., J. (2016). Implementación de un Sistema de Seguridad Independiente y Automatización de una Residencia por medio del Internet de las Cosas. *San Carlos de Guatemala*, 5.
- [12] Breitbach, T., Sanders, P., & Schultes, D. (2018). Optimizing Energy Consumption and User Experience in a Mobile Video Streaming Scenario. *61169 Friedberg*, 9.
- [13] Singhal, C., & Teja T., G. (2017). Machine Learning Based Subjective Quality Estimation for Video Streaming over Wireless Networks. *Indian Institute of Technology*, 7.
- [14] Tian, Y., Babcock, R., Taylor, C., & Ji, Y. (2018). A New Live Video Streaming Approach Based on Amazon S3 Pricing Model. *Capital Insurance Group*, 8.

2.14. Anexos: para casos en los que se requiera respaldar el proyecto.

2.15. Firma de responsabilidad (estudiantes)

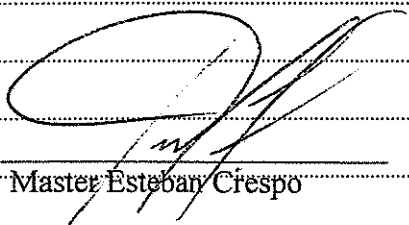


Andrés Banegas



William Villa

2.16. Firma de responsabilidad (director sugerido)



Master Esteban Crespo

2.17. Firma de responsabilidad (co director sugerido)



Ing. Diego Chacón

2.18. Fecha de entrega: Miércoles 09 de mayo del 2018.