

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

CARRERA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE**

TESIS DE GRADUACIÓN

**PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA DRONÓTICA EN EL PLAN
CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL,
SEDE CENTRAL, COSTA RICA.**

AUTOR: Félix Lee Pan

**ALAJUELA, COSTA RICA
Julio, 2022**

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ana Cecilia Odio Ugalde
Directora de Carrera

Luis Guillermo Alvarado Quesada
Tutor

Jason Monterroso Monzón
Lector 1

Cristhian Garita Fonseca
Lector 2

DECLARACIÓN JURADA

Yo, **Félix Lee Pan**, mayor, soltero, estudiante de la carrera de Ingeniería del Software, de la Universidad Técnica Nacional, domiciliado en Alajuela, Villa Bonita, portador de la cédula de identidad número 1-1652-0058, en este acto, debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga, en el Código Penal, el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de Tesis para optar por el título de licenciatura en Ingeniería del Software, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **“PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA DRONÓTICA EN EL PLAN CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL, SEDE CENTRAL, COSTA RICA”** es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales así como la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos, número 6683 de 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 de 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte: artículo 70º: Es permitido citar a un autor transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor y de la obra original. Asimismo, estoy advertido que la Universidad Técnica Nacional se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior firmo en la ciudad de Alajuela, el día 19 del mes de julio del año dos mil veintidós.

Félix Lee Pan

Cédula de identidad: 1-1652-0058

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido tener esta experiencia inolvidable, y haberme dado salud para cumplir con todos los retos presentados y objetivos propuestos. Agradezco por acompañarme y ayudarme con su sabiduría durante toda la carrera, además, le doy las gracias por otorgarme una vida llena de aprendizajes y experiencias. También agradezco su amor eterno otorgado y su infinita bondad.

A mis padres

A mis padres Tsuen Shian Lee y Li Lan Pan, por todos los consejos, por enseñarme el camino correcto a seguir, los principios morales, paciencia y perseverancia durante el aprendizaje profesional y el crecimiento laboral. Le doy las gracias por su sacrificio, ya que gracias a ellos he podido estudiar y salir adelante en todo lo que proponga. Finalmente, también agradezco su amor, tolerancia y paciencia conmigo para salir adelante.

A mi entrenador físico

A mi entrenador José Joaquín Vargas Marín, por haberme dado el apoyo y ayuda necesaria durante todo el proceso de este proyecto. Por haberme disminuido o eliminado el estrés acumulado mediante diferentes tipos de ejercicios de fuerza y cardiovascular, y también por haberme regalado su tiempo para darme retroalimentación e ideas innovadoras. De esta forma, pude salir adelante y romper todos esos obstáculos para poder llegar a la meta propuesta.

A mis profesores

Por toda la paciencia, perseverancia y diligencia en enseñarme todo lo necesario sin importar la distracción que tenía como estudiante. No obstante, continuaron depositando sabiduría y esperanza en mi persona. A todos los profesores que conocí durante toda la carrera, se los agradezco desde el fondo de mi alma.

Para todos ellos hago esta dedicatoria.

Félix Lee Pan

CARTA AUTORIZACIÓN DEL TUTOR

Alajuela, 23 de mayo de 2022

Sra.

Licda, Ana Cecilia Odio Ugalde, MGT
Directora de la Carrera de Ingeniería del Software
Universidad Técnica Nacional

Estimada señora Directora:

El estudiante **Félix Lee Pan**, portador de la cédula de identidad No. **116520058**, ha presentado para revisión el Proyecto de Graduación denominado: **“Propuesta de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional, Sede Central, Costa Rica”**.

En calidad de Tutor, se ha revisado y corregido todos los aspectos referentes a este documento. Por lo tanto, se hace constar, que se encuentra listo para ser presentado a la Universidad Técnica Nacional, como trabajo de graduación.

Atentamente,

Lic. Luis Gmo Alvarado Quesada, MAU.

Tutor

CPIC 875 - CPCECR 35474

CARTA AUTORIZACIÓN DEL LECTOR

Alajuela, 02 de Mayo de 2022

Sra.

Mgt. Ana Cecilia Odio Ugalde

Directora de la Carrera de Ingeniería del Software

Universidad Técnica Nacional

Estimada señora Directora:

Sirva la presente para saludarle y hacer de su conocimiento mi aprobación, en calidad de lector, del Proyecto de Graduación realizado por el estudiante **Félix Lee Pan**, portador de la Cédula de Identidad No. **1-1652-0058**, titulado: **“PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA DRONÓTICA EN EL PLAN CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL, SEDE CENTRAL, COSTA RICA.”**

Hago constar que se ha revisado y corregido todos los aspectos referentes a este documento; por lo que manifiesto que el mismo se encuentra listo para ser presentado a la Universidad Técnica Nacional, como trabajo final de graduación.

Atentamente,

Ing. Cristhian Garita Fonseca

Lector

CARTA AUTORIZACIÓN DEL LECTOR

Alajuela, 30 de Abril de 2022

Sra.

Mgt. Ana Cecilia Odio Ugalde

Directora de la Carrera de Ingeniería del Software

Universidad Técnica Nacional

Estimada señora Directora:

Sirva la presente para saludarle y hacer de su conocimiento mi aprobación, en calidad de lector, del Proyecto de Graduación realizado por el estudiante **Félix Lee Pan**, portador de la Cédula de Identidad No. 1-1652-0058, titulado: **“PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA DRONÓTICA EN EL PLAN CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL, SEDE CENTRAL, COSTA RICA.”** Hago constar que se ha revisado y corregido todos los aspectos referentes a este documento; por lo que manifiesto que el mismo se encuentra listo para ser presentado a la Universidad Técnica Nacional, como trabajo final de graduación.

Atentamente,

Ingeniero Jayson Ariel Monterroso Monzón

Lector

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 22 de mayo de 2022

Señores
Carrera de Ingeniería del Software
Universidad Técnica Nacional

Estimados señores:

He revisado y corregido en todos los extremos filológicos: la redacción, la ortografía, la puntuación, la morfología, la sintaxis y los vicios del trabajo titulado **“Propuesta de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional, Sede Central, Costa Rica”**, presentado por el estudiante Félix Lee Pan.

Con las correcciones sugeridas realizadas en este trabajo de investigación, este es un documento con valor filológico y cumple con los requisitos necesarios para ser presentado ante las autoridades universitarias correspondientes.

Atentamente,

Margarita Sirlene Chaves Bonilla

Filóloga

Cédula 2 0717 0620

Carné 83791 (COLYPRO)

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad de diseñar una propuesta de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Alajuela, Sede Central, Costa Rica. En donde incluye su justificación, objetivos, plan de estudios, cronograma de actividades, requerimientos y sus posibles costos. La metodología de investigación aplicada en este estudio fue de tipo cualitativa y cuantitativa por medio de la utilización de instrumentos como entrevistas, realizadas a los profesionales en el desarrollo de la robótica aérea en conjunto con la programación, o conocido como la dronótica; y encuestas a profesores y estudiantes de la carrera, obteniendo como resultado las posibilidades, características, requerimientos y beneficios de la integración de la dronótica como parte de la carrera. Se determinó que sí es posible aplicar la dronótica como parte de la carrera de Ingeniería de Software como un curso optativo en la carrera para el mejoramiento del pensamiento lógico, analítico y metodológico de los estudiantes. De esta forma, ayudar a la preparación de conocimientos de las próximas generaciones de estudiantes en los problemas más complejas. Y finalmente, se determina que en la robótica aérea en conjunto de la programación se pueden estudiar temas como la programación en Python, la utilización de librerías gratuitas para la facilitación de la comunicación con el vehículo aéreo no tripulado, el análisis de datos con distintos tipo de herramientas en tiempo real para detectar incoherencias y poder solventar de forma inmediata.

Palabras clave: Dronótica, Fotogrametría, Análisis de Datos, Vehículo aéreo no tripulado, Inteligencia Artificial.

Félix Lee Pan

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	13
INTRODUCCIÓN	13
1.1. <i>Justificación</i>	14
1.2. <i>Objetivos</i>	19
1.2.1. General	19
1.2.2. Específicos	19
1.3. <i>Problema</i>	20
1.4. <i>Hipótesis</i>	20
1.5. <i>Alcance</i>	21
1.6. <i>Limitaciones</i>	21
1.7. <i>Matriz de congruencia</i>	22
CAPÍTULO II	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. <i>Historia de los vehículos aéreos no tripulados</i>	25
2.1.1. El origen de los vehículos aéreos no tripulados	25
2.1.2. Evolución y desarrollo de los vehículos aéreos no tripulados	26
2.1.3. Vehículos aéreos no tripulados en la actualidad	28
2.2. <i>Teoría de los vehículos aéreos no tripulados</i>	30
2.2.1. Definición de los vehículos aéreos no tripulados	30
2.2.2. Aplicaciones civiles de los vehículos aéreos no tripulados	31
2.2.3. Componentes de los vehículos aéreos no tripulados	33
2.2.4. Clasificación de los vehículos aéreos no tripulados	37
2.2.5. Beneficios obtenidos de los vehículos aéreos no tripulados	41
2.3. <i>Drones educativos y sus precios</i>	42
2.3.1. Robolink CoDrone Lite y Pro kit educativo	43
2.3.2. Sky Viper e1700 kit de dron acrobático	44
2.3.3. DJI Tello Edu drone	45
2.3.4. Parrot Mambo Fly	46
2.3.5. Makeblock Airblock	47
2.3.6. PlutoX	48

2.4. <i>Medidas seguridad para la prevención de accidentes</i>	49
2.4.1. Requerimientos de operaciones	50
2.4.2. Medidas de seguridad	52
2.4.3. Recomendaciones en uso de los vehículos aéreos no tripulados	53
2.5. <i>La dronótica</i>	54
2.5.1. Definición de la dronótica	54
2.5.2. Beneficios de la dronótica	55
2.5.3. Uso didáctico de la dronótica	56
2.6. <i>Integración de la dronótica como parte de la educación</i>	57
2.6.1. La dronótica en la educación superior	57
2.6.2. Aspectos necesarios para la integración de la dronótica	59
2.6.3. Conocimientos requeridos para la enseñanza	60
2.6.4. Conocimientos requeridos para el aprendizaje	61
CAPÍTULO III	62
MARCO METODOLÓGICO	62
3.1. <i>Tipo de investigación</i>	63
3.1.1. Investigación descriptiva	63
3.2. <i>Método utilizado</i>	64
3.2.1. Enfoque cuantitativo y cualitativo	64
3.3. <i>Ámbito de interés y fuentes de información</i>	65
3.4. <i>Población</i>	66
3.5. <i>Temporalidad y manejo de la información</i>	67
3.5.1. Entrevistas	67
3.6. <i>Matriz metodológica</i>	68
3.6.1. Primer objetivo	68
3.6.2. Segundo objetivo	71
3.6.3. Tercer objetivo	72
3.6.4. Cuarto objetivo	76
CAPÍTULO IV	79
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y APORTES	79
4.1. <i>Vehículos aéreos no tripulados en Costa Rica</i>	80
4.1.1. Vehículos aéreos no tripulados en el mercado laboral de Costa Rica	81
4.1.2. Integración de la dronótica como parte del plan curricular	83

4.1.3. Consideraciones relevantes	84
<i>4.2. Aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación</i>	86
4.2.1. Estudiantes	86
4.2.1.1. Conocimientos requeridos para comprender la dronótica	88
4.2.1.2. Nivel de programación en los estudiantes	92
4.2.1.3. Experiencia en la dronótica	93
4.2.2. Profesores	98
4.2.2.1. Experiencia en los tipos de lenguajes de programación	102
4.2.2.2. Experiencias en la dronótica	103
4.2.3. Beneficios	107
4.2.3.1. Beneficios de la dronótica	108
4.2.3.2. Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología	112
4.2.4. Tipos de desarrollo de aplicaciones para resolución de problemas	114
CAPÍTULO V	116
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
<i>5.1. Conclusiones</i>	117
<i>5.2. Recomendaciones</i>	120
CAPÍTULO VI	122
PROPUESTA	122
<i>6.1. Planteo y estructura preliminar</i>	123
6.1.1. Justificación	123
6.1.2. Alcance	123
<i>6.2. Plan de estudios</i>	123
6.2.1. Descripción del curso	124
6.2.2. Objetivos Generales	124
6.2.3. Objetivos Específicos	124
6.2.4. Contenidos	125
Unidad I: Introducción a la dronótica.	125
Unidad II: Fundamentos para pilotar y controlar un dron DJI Tello.	125
Unidad III: Aprendizaje de la robótica junto con la programación Python.	126
Unidad IV: Desarrollo de <i>software</i> con Python.	126
Unidad V: Desarrollo de <i>software</i> con Python utilizando Dronekit.	127
Unidad VI: Sensores utilizando la cámara del dron.	127

Unidad VII: Fotogrametría con Drones, planificación y procesamiento.	127
6.2.5. Metodología	128
6.2.6. Evaluación	128
6.3. <i>Cronograma de Actividades</i>	129
6.4. <i>Requerimientos</i>	130
6.5. <i>Costos</i>	131
6.5.1. Individuales	132
6.5.2. Grupales	133
6.5.2. Mantenimiento	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXO	142
<i>Anexo 1: Entrevistas</i>	142
Resultados de las entrevistas	144
<i>Anexo 2: Encuestas</i>	152
Encuesta Presentada	153
• Estudiantes	153
• Profesores	157
<i>Anexo 3: Cronograma de trabajo</i>	165

TABLAS

Tabla 1 Matriz de congruencia	23
Tabla 2. Ejemplos de VANT con clasificación ala fija.	39
Tabla 3. Ejemplos de VANT con clasificación ala rotatoria.	41
Tabla 4. Clasificación de los RPAS.	50
Tabla 5 Población	66
Tabla 6. Primer objetivo matriz metodológica.	70
Tabla 7. Segundo objetivo matriz metodológico.	72
Tabla 8. Tercer objetivo matriz metodológico.	75
Tabla 9. Cuarto objetivo matriz metodológico.	78
Tabla 10. Requerimientos.	131
Tabla 11. Costos individuales.	132
Tabla 12. Costos grupales.	133
Tabla 13. Costos de mantenimientos.	133

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ejército austriaco y la utilización de 200 globos aerostáticos no tripulados que se cargaron de bombas sobre la ciudad italiana de Venecia.	25
Ilustración 2. MQ 9 Reaper Drone (Drone Predator). Fuente: Delgado, 2016.	28
Ilustración 3. Placa madre del VANT.	33
Ilustración 4. Motor eléctrico del VANT.	33
Ilustración 5. Placa controladora de vuelo.	34
Ilustración 6. Hélices de un VANT.	34
Ilustración 7. Chasis del VANT.	34
Ilustración 8 Baterías del VANT.	35
Ilustración 9. Estación de control del VANT.	35
Ilustración 10. Regulador de velocidad para el VANT	36
Ilustración 11. Gimbal que estabiliza la cámara del VANT.	36

Ilustración 12 Cámara integrado del VANT.	36
Ilustración 13. Tren de aterrizaje el VANT.	37
Ilustración 14. CoDrone Pro	44
Ilustración 15. Sky Viper e1700.	45
Ilustración 16. DJI Tello Drone.	46
Ilustración 17. Parrot Mambo Fly.	47
Ilustración 18. Airblock Drone.	48
Ilustración 19. PlutoX Drone.	49
Ilustración 20. Introducción a la encuesta	153
Ilustración 21. Preguntas introductorias	154
Ilustración 22. Pregunta de conocimiento para redirigir	155
Ilustración 23. Sección en donde el estudiante conoce el concepto de la dronótica	155
Ilustración 24. Aprendizaje, última sección general	156
Ilustración 25. Sección de los estudiantes que no conocen la dronótica	156
Ilustración 26. Introducción a la encuesta	157
Ilustración 27. Preguntas introductorias, conocimiento y experiencias.	158
Ilustración 28. Pregunta de conocimiento para redirigir	159
Ilustración 29. Sección en donde el docente conoce el concepto de la dronótica	159
Ilustración 3.0 Beneficios de la dronótica primera parte	160
Ilustración 31. Beneficios de la dronótica segunda parte	161
Ilustración 32. Sección en donde el docente no conoce el concepto de la dronótica	162
Ilustración 33. Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología primera parte	163
Ilustración 34. Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología segunda parte	164
Ilustración 35. Sección de conocimiento última parte	164
Ilustración 36. Cronograma de trabajo	165

GRÁFICOS

Gráfico 1. Nivel académico de los estudiantes.	87
Gráfico 2. Cantidad de estudiantes que han escuchado sobre la dronótica.	87
Gráfico 3. Lenguajes de programación con relación a la dronótica.	88

Gráfico 4. Conocimiento de los componentes básicos para construir un dron.	90
Gráfico 5. Conocimiento de las leyes y los reglamentos que existen en Costa Rica para poder pilotar un VANT.	91
Gráfico 6. Nivel de programación medido por la cantidad de cursos aprobados.	92
Gráfico 7. Cantidad de estudiantes encuestados que han desarrollado una aplicación que involucre un dron.	94
Gráfico 8. Conocimiento de herramientas como los marcos de trabajos o API para el desarrollo de un dron.	95
Gráfico 9. Oportunidad de acercarse al aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación.	96
Gráfico 10. Conocimiento de la situación actual con los VANT.	97
Gráfico 11. Nivel académico desempeñado por el profesor.	99
Gráfico 12. Años de experiencia en la docencia uiversitaria.	100
Gráfico 13. Años de experiencia en la disciplina.	101
Gráfico 14. Conocimiento de los tipos de lenguaje de programación.	102
Gráfico 15. Experiencia de los profesores en la dronótica.	103
Gráfico 16. Conocimientos básicos para armar un dron.	105
Gráfico 17. Incorporación de la dronótica como tema en la carrera de ISW.	107
Gráfico 18. Aumentar la motivación de los estudiantes.	108
Gráfico 19. Incrementar la capacidad de concentración de los estudiantes.	109
Gráfico 20. Ayudar en el desarrollo de la motricidad y la coordinación del estudiante.	110
Gráfico 21. Favorece el pensamiento lógico del estudiante.	111
Gráfico 22. Fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas de los estudiantes.	112
Gráfico 23. Incrementar la capacidad de concentración del tema.	113

ESTADO DEL ARTE

La presente entrega de la *Propuesta de Integración de la Dronótica en el Plan Curricular de la carrera de Ingeniería del Software en la Universidad Técnica Nacional, Sede Central de Costa Rica* documenta el análisis de los estudios que se han realizado en el ámbito de la dronótica para dar a conocer aquellos aspectos relevantes que ayudarán en la ampliación de los conocimientos de un Ingeniero Informático.

Muchos de los hallazgos fueron capturados por estudiantes de distintas universidades o instituciones. Uno de ellos realizado en el 2015, por Juan Alberto y Benito Carrasco que realizan una propuesta a la Universidad Autónoma de Madrid para la integración de un UAV (las siglas en inglés de los vehículos aéreos no tripulados) en la plataforma robótica de ARGOS, que tiene como propósito diseñar e implementar un vehículo aéreo no tripulado (VANT) de característica multirotor para ser incluido en la plataforma de la universidad (Carrasco y Alberto, 2015).

Para ello, primero se realizó una investigación de los elementos a seleccionar para la construcción de los VANT, tales como la elección del tipo multirotor, de los componentes (batería, variador, simulación) y módulos comerciales. Después, se inicia con la construcción del VANT, utilizando diseños mecánicos, diagrama de conexiones y diseño de la arquitectura del proyecto, tal como lo indican en su investigación.

Finalmente, realizan el montaje del dispositivo inicializando con la placa electrónica, la cual contiene los componentes que se encargan del control del dispositivo y telemetría. De esta forma, se obtuvo como resultado un dispositivo aéreo que cumple con todos los requerimientos del proyecto y se desarrollaron adicionalmente características que mejoran su funcionamiento. Por otro lado, se ha adquirido conocimientos avanzados sobre el tema, teniendo un entendimiento de los diferentes módulos y componentes que construyen una estructura de este tipo de vehículo. Sin embargo, estos conocimientos adquiridos no fueron suficientes para llegar a un análisis concreto que defina el desarrollo del *software* como tal, de los VANT.

Hasta entonces, en 2016, Matías Nitsche presentó una metodología basada en la técnica de enseñanza y aprendizaje para la navegación autónoma de los VANT. Con esta técnica, pudieron distinguir dos fases: el aprendizaje y la navegación autónoma. En el proceso de las fases, el vehículo es controlado de forma manual a través del contexto y de su entorno, creando así un camino a repetir. Luego, el vehículo puede ser ubicado en cualquier otro punto de camino e iniciar la etapa de navegación autónoma. En la segunda fase el sistema opera a lazo cerrado, controlando el vehículo con el fin de repetir el camino previamente aprendido (Nitsche, 2016)

Este método basado en la técnica del aprendizaje y repetición se requiere de los principios de navegación basada en rumbos, tal como lo menciona Nitsche (2016). Con base en este principio, Nitsche (2016) estudia la ruta del seguimiento, en la cual guiará el vehículo para llegar a su destino en forma terrestre o aérea. Por otra parte, también utilizó múltiples puntos de referencias para la base de control de los VANT. Luego, Nitsche (2016) desarrolló varios algoritmos para definir los movimientos que realizará el vehículo para dirigirse a una dirección específica y los controladores de los sensores para la captura de obstáculos y ráfagas de viento, entre otras inclemencias. Como resultados, observó que la calidad de la localización era muy buena en casos favorables, la calidad de la navegación era satisfactoria con distintas rutas como de línea rectas y curvas, el aprendizaje del vehículo para repetir un camino en un torno exterior y no controlado era sorprendentemente bueno, ya que se evidenciaron grandes rasgos del correcto funcionamiento del sistema.

Por último, la calidad de las mediciones de tiempo computacionales asociados con la ejecución en la plataforma embebida fue esperable, ya que se observó que los tiempos de ejecución son suficientemente pequeños como para permitir la navegación del robot aéreo moviéndose a velocidades bajas. No obstante, para que el vehículo alcance velocidades aún más altas, es indispensable tener una mayor capacidad de *hardware* posible para que la comunicación entre la base de control y el vehículo sea aún más fluida.

Año después, Luis Estuardo Sánchez Mejía presenta un diseño y un desarrollo de una aplicación para crear drones autónomos utilizando Arduino, el cual, según la documentación de Arduino obtenida en su página oficial, es un microcontrolador reprogramable que permite establecer conexiones alámbricas o inalámbricas con diferentes sensores y actuadores (Arduino, 2010), con el objetivo de investigar y comprender una propuesta firme y factible de *software* que permita a un dron realizar funciones de forma automatizadas, iniciando con una selección óptima de componentes, incluyendo el presupuesto y realizando una investigación de autonomía para comprobar si la selección fue la indicada (Sánchez Mejía, 2017)

Durante la ejecución, utilizó diseños que complementan la estructura, lo referente al electromecánico, el desarrollo de *software* y también la arquitectura del Arduino. En conjunto, se logró la conexión entre el dispositivo del Arduino y el VANT. Con este *software*, se realiza la captura y el envío de información a los motores para guiar el vehículo y llegar a su destino. En esta investigación que realizó el señor Sánchez (2017) se logró explicar de forma concisa y concreta cómo diseñar un VANT, teniendo en cuenta la optimización y el manejo de cada uno de sus componentes. Además, se logra comprender que, para programar un *software* que controle el vehículo, es necesario tener distintos conocimientos técnicos y aplicación de dispositivos complejos. Por lo tanto, menciona que:

Es indispensable aprender cada uno de los elementos de un dron ya que tienen un funcionamiento específico imposible de ser sustituido. Por otra parte, se da a conocer que es posible combinar la tecnología del Arduino con los componentes electrónicos de un VANT permitiendo la automatización de procesos internos y la realización de tareas de manera autónoma. (Sánchez Mejía, 2017).

Durante todo este periodo, surgió un tema popular en el que se involucra el tema de los VANT como parte de la educación en las escuelas, universidades e instituciones, entre otras. Como parte de este tema, en el 2018, Ana Gabriela Iriarte realiza un análisis de la programación, robótica y drones, con el fin de introducir dichos aspectos en las escuelas del futuro para crear un nuevo ambiente educativo, con base en soluciones

tecnológicas que permitan el aprendizaje de áreas de conocimiento emergentes, como la robótica y la programación, y de temas o materias tradicionales de conocimiento, como las ciencias y las lenguas internacionales (Iriarte, 2018) La principal pregunta de investigación que Ana Iriarte realizó fue “¿cómo abordar el estudio de los VANT en las escuelas futuras?, y ¿cuál sería la propuesta?”.

En la investigación, Ana Iriarte (2018) identificó 4 ámbitos importantes que las escuelas deben enseñar para la obtención de resultados positivos por parte de los estudiantes. Estas son: el aprendizaje de la infraestructura (como los suministros eléctricos y conectividad a internet), el *hardware* (drones o robots), el *software* (sistemas operativos y plataformas interactivas) y, por último, las guías y las secuencias didácticas que utilizan los vehículos para ser operados desde una base de control.

Como resultado, Ana Iriarte (2018) enfatiza que se debe entender que siempre hay que plantear interrogantes a las formas novedosas que adopten las políticas educativas, para construir un aporte en el momento de cubrir problemas generales de la educación formal y comprender aquellos conocimientos que el educador desea transmitir.

Para el año 2020, Sergio Rojo Veja presenta una propuesta de investigación que fomenta un proyecto de forma educativa en el área del aprendizaje y conocimiento de las tecnologías desde un punto de vista de diferente. Esta integración se marca dentro de la robótica de cuarta educación secundaria obligatoria (en el caso de Costa Rica, la Educación Diversificada) y consiste en el montaje y la personalización de drones, que posteriormente, producirán una misma coreografía de forma simultánea, según lo programado (Rojo Veja, 2020). Dentro de los estudios, Sergio Rojo (2020) comenta una de las frases más conocidas y estudiadas en el mundo que ha venido acompañada de la filosofía o la ética de “Hágaselo usted mismo”, conocida en inglés como *Do it yourself*. Este pensamiento promueve un aprendizaje activo por medio del “aprender haciendo”. Por lo que genera una cultura y desarrolla el “pensamiento computacional”, la cual es una llave importante que provoca que la auto realización ingrese del ambiente laboral a

las aulas y transfiera conocimientos técnicos en estos contextos (como se cita en Ortega-Ruipérez y Mirena, 2018, p.134).

Por ello, Sergio Rojo (2020) consigue una propuesta que introduce el dron como un dispositivo de motivación, como un robot inteligente que se alza y vuela y las aplicaciones civiles en distintas áreas de las ciencias como parte del aprendizaje. Esta propuesta consta de tres diferentes fases: la primera es “conocer, tener perspectivas diferentes e indagar o buscar elementos que faciliten forma del trabajo grupal”; la segunda fase “se creará y se desarrollará la propuesta da la solución de un problema existente”, y como última fase se requiere dar visibilidad de la solución a través de actividades que ayudan a entrelazar las soluciones obtenidas con la sociedad.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

La educación ha sido parte de la vida de los seres humanos y, conforme pasan los años, este realiza diversos ajustes para llenar esa necesidad de comprensión y de entendimiento, tal y como se refleja en la tecnología. En la economía global, Darrell M. West (2020) menciona que “la tecnología, la inteligencia artificial o conocido como AI, y el aprendizaje de dispositivos tecnológicos, evolucionan exponencialmente”. Además, estos avances incrementan la rapidez, la calidad y los costes de bienes y servicios. Por lo que se considera necesario la actualización y los ajustes necesarios en la educación para satisfacer las necesidades humanas en el futuro.

Uno de los temas más controversiales y populares que se han dado durante los últimos años son los VANT, conocidos como “drones”, y también llamados VANT por su abreviatura en español. Estos dispositivos fueron utilizados por el ser humano con fines bélicos, por lo que no se ha incluido como parte de la educación. No obstante, muchos de los ingenieros o investigadores han encontrado otros usos positivos, en donde estos dispositivos ayudan a completar y satisfacer las necesidades humanas.

Tal como lo dijo Víctor Delgado (2016), cinematógrafo, “el ser humano no se despertó ayer en este nuevo mundo presa de los drones o aeronaves pilotadas de forma remota” (Delgado, 2016). Existe una serie de hechos históricos, en los que se explica el nacimiento de este tipo de dispositivo. Estos VANT fueron diseñados principalmente para objetivos militares, tales como la vigilancia, el lanzamiento de bombas TNT, entre otros, controlados por uno de los soldados desde su base; esto para prevenir una incidencia no planificada. Por lo tanto, su diseño fue realmente excepcional, ya que el dispositivo tiene que soportar todo tipo de factores como, por ejemplo, los asociados con lo relacionado con elementos climáticos.

Según la evolución de estos dispositivos, al principio, se utilizó como un VANT de forma contemporánea, eso fue en el año 2002, tal como lo relata Delgado (2016). En esta época, este dispositivo fue utilizado por la CIA como un “predador” con el propósito

de eliminar un objetivo de inteligencia. De este modo, vigilaba en forma aérea aquellas acciones que realizaban los enemigos y lograr con ello la obtención de información.

Dicho esto, muchos países identificaron los VANT como una amenaza y algunos auguraban un futuro oscuro. Estos dispositivos, actualmente, se han convertido en algo primordial para la seguridad nacional de países como los Estados Unidos. Por otra parte, dejando el tema bélico con VANT, el ser humano ha identificado que las funciones mencionadas de estos vehículos no son las únicas que pueden ofrecer los “drones”, sino que también existen funciones con fines más altruistas.

Se destaca los que han sido utilizados para fines de investigación, educación, salvamento, infraestructura, rescate y búsqueda de víctimas de desastres, entre otras actividades. Por esta razón, no se debe subestimar los conceptos y los conocimientos sobre los VANT, ya que, si se busca más allá de las funciones, se puede determinar diversas formas de conocer, analizar, implementar y utilizar estos dispositivos, y así inculcar este conocimiento y aprendizaje dentro de un grupo humano, tal como el de los estudiantes de una disciplina como la ingeniería de *software*.

En el caso de Costa Rica, el Ministerio de Educación Pública (MEP) ha estado al tanto de la tecnología y apoya a las instituciones públicas en el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes por medio de los drones. Tanto que entregó 188 millones de colones a 94 juntas de educación en todo el país, 2 millones cada una, esto únicamente para la compra de los VANT con objetivos de promover la innovación, el trabajo en equipo, la motivación personal, la preparación para el enfrentamiento al mercado laboral, entre otras, tal como fue mencionado y publicado por Marcela Delgado (2016) el 5 de junio del 2019 en San Carlos Digital. Más adelante, se relata en el mismo reportaje, que este proyecto es liderado por la Dirección de Recursos Tecnológicos del ministerio, que también incluye la capacitación a los docentes en informática para que puedan controlar remotamente los VANT de forma firme y segura, con el fin de no dañar físicamente a los estudiantes por pérdida de control del dispositivo.

En la actualidad, estos dispositivos son utilizados dentro de la educación, sin importar el nivel de conocimiento que tiene cada uno de los estudiantes, se puede decir que de ahí nació el concepto de la “dronótica”. Según el reportaje *Los Drones sobrevuelan las aulas* (Educación 3.0, 2017), de cierta forma, el concepto “dronótica” no existe o no se encuentra en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. No obstante, este concepto cada vez es más escuchado en los salones de clase, ya que los VANT son una tendencia educativa e innovadora, muy semejante a la robótica y a la programación, pero, en este caso, el elemento o dispositivos principal son los drones.

Entre estas tendencias se determinan sus semejanzas, así como su forma de montaje, su uso y que sus movimientos pueden automatizarse, pero con la diferencia de estos dispositivos pueden alzar su vuelo, tal como se menciona en la revista Educación 3.0. (2017) un concepto muy importante justificado por el profesor Ignacio Arias, responsable del proyecto de Didáctica Drónotica en el Colegio El Pinar, en Alhaurín de la Torre (Málaga), quien afirma que:

Las instituciones educativas necesitan comprender que aunque la finalidad no es que todos los alumnos sean ingenieros robóticos, el objetivo es que construyan con sus alumnos conocimientos que les permitan adquirir las aptitudes y competencias que necesitarán en el futuro para poder tener las posibilidades de explorar sus capacidades de trabajo en equipo, conocimiento de nuevas tecnologías, el control de componentes electrónicos y por último pero no menos importante, la automatización a través de diferentes lenguajes de programación y aplicaciones (Arias, 2017).

En este momento, según el artículo “Drones, una innovación que está en el aire”, escrita por Blanca Cavazos (2015), existen numerosos tipos de VANT de nivel mundial, pero se pueden clasificar en dos grandes grupos, que son: drones con alas fijas similares a un avión y drones con forma de un helicóptero, que tienen más de una hélice. Los dos tipos de VANT pueden ser controlados de forma remota a distancia desde un control manual, una tableta o un teléfono inteligente. Otros tipos, incluso, pueden ser controlados automáticamente utilizando el componente GPS. El precio de estos VANT puede variar

desde los 50 dólares (modelos básicos) hasta los miles de dólares (modelos más sofisticados y con tecnología avanzada) e inclusive puede ser armada y construida manualmente de forma segura (Cavazos, 2015).

Por otra parte, es de suma importancia la seguridad, cuando se trata de la dronótica, tanto del estudiante como del docente. En consecuencia, la Dirección General de Aviación Civil de Costa Rica [DGAC] (2017), autoridad de aviación civil de Costa Rica, estipula que:

Si una Aeronave Pilotada a Distancia (RPA) está siendo objeto de interferencia ilícita el responsable a cargo de la operación debe notificar por los medios más expeditos a la dependencia ATS pertinente el hecho, esto incluye toda circunstancia significativa relacionada con el mismo, y cualquier desviación del plan de vuelo autorizado que las circunstancias hagan necesaria, a fin de permitir la dependencia ATS dar prioridad a la aeronave y reducir al mínimo los conflictos de tránsito que puedan surgir con otras aeronaves (p. 31) .

En la misma línea, la DGAC emitió en febrero del 2017 la circular DO-001-OPS-RPAS (Operaciones con sistema de aeronave pilotada a distancia) que hace observación obligatoria para todos los operadores civiles de esas naves. De esta manera, proteger los lugares donde transitan personas, transportes, entre otros. En virtud de ello, si los docentes y estudiantes siguen las normas estipuladas por la DGAC, existirá una seguridad estable para quienes operan los VANT. Además, al inicio de la enseñanza de los VANT, se puede empezar con simuladores virtuales, para evitar con ello el descontrol desde la primera vez que se tenga un mando en la mano.

Como todo, no es necesario reinventar, ya que existen diversas formas para el desarrollo y la programación de un VANT. Para ello, compañías como 3D Robotics y DJI crearon y lanzaron conjuntos (*kits*) de desarrollo de aplicaciones (*SDK's*), así como interfaces programadas de aplicaciones (*API's*) para los desarrolladores. Una de ellas es el Drone Kit, la cual es una librería desarrollada en el lenguaje *Python*, totalmente flexible y de código abierto para todo el público; de esta forma, se fomenta el desarrollo de

aplicaciones que se ejecutan desde un tercer dispositivo como una computadora y se comunican con la interfaz que controla y manipula el vuelo *ArduPilot* con una sincronización de muy poca latencia.

Es decir, el desarrollador, una vez que crea un proyecto desde el editor, podrá enviar comandos desde el proyecto y consumir datos de la API sin ningún tipo de interrupción ni latencia. Esto permitirá que se puedan crear aplicaciones que mejoren el vuelo en piloto automático, pueden proporcionar propiedades inteligentes a un dron, tales como la visión transmitida entre dispositivos (cámaras, sensores y otros), la planificación de la ruta, también permiten a un VANT seguir objetivos mediante GPS, además, puede seguir una ruta preestablecida con sensores GPS, y mucho más.

Finalmente, gracias al profesor Alberto Otero, quien ya tuvo la gran oportunidad de impartir enseñanza de la dronótica, la implementación de los VANT permite el incremento de la motivación y el interés del aprendizaje de los estudiantes; ayuda al desarrollo de la motricidad y la coordinación; mejora la orientación y la visualización espacial; favorece el pensamiento lógico, además, aprende conceptos combinados entre la programación y la electrónica; promueve el aprendizaje transversal y fomenta el aprendizaje por proyectos y la resolución de problemas, tales como la utilización de metodología del diseño pensado (*Design Thinking*).

Por esta razón, la finalidad de esta investigación es encontrar la forma de lograr la aplicación de conocimientos sobre los VANT, en los cursos de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, para el mejoramiento de la educación de los estudiantes, así como lograr el fomento de la innovación y poder conocer más de cerca el mercado laboral y sus posibilidades, rompiendo esa barrera de la zona de confort y entrando a un nuevo mundo tecnológico.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Proponer la integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica, mediante el análisis de aspectos relacionados con la dronótica que permita su inclusión en el alcance de conocimiento y experiencia de los estudiantes.

1.2.2. Específicos

- Conocer el proceso de la evolución y el sofisticado diseño de los componentes de los VANT, estudiando la teoría de los drones, sus características, costos y seguridad, con la finalidad de identificar los aspectos relevantes que ayuden en la comprensión de estos dispositivos durante su estudio y aprendizaje.
- Comprender la integración de la programación y la construcción de los VANT, empleando herramientas creadas por las instituciones de robótica y de programación para ilustrar de forma específica, los pasos a seguir para el uso y aprovechamiento del dispositivo.
- Analizar los aspectos y requerimientos necesarios para impartir la dronótica como parte del plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, examinando la acción docente actual.
- Proponer una solución curricular para la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional, en donde se incluyan temas y talleres relevantes para la comprensión y el desarrollo de los VANT, identificando las herramientas más utilizadas por los desarrolladores de dronótica.

1.3. Problema

La evolución de los VANT ha afectado drásticamente el mercado laboral. Sus funciones y características pueden solventar muchos problemas actuales, tales como la agilización de procesos manuales. Adicionalmente, estos contienen información que pueden ampliar los conocimientos y experiencias de los ingenieros informáticos. Por ello, se plantea como base de esta investigación la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede aplicar los conocimientos sobre los VANT en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, Sede Central, con el fin de lograr el mejoramiento de la educación y de las experiencias de los estudiantes?

1.4. Hipótesis

La integración de la tecnología en la vida cotidiana del ser humano se incrementa exponencialmente, por ello, los estudiantes de ingeniería de *software* deben actualizar sus conocimientos sobre la tecnología de forma continua, con la finalidad de innovar dentro del ámbito de la tecnología y solventar problemas y necesidades de los usuarios.

Por lo tanto, la dronótica es un excelente medio para la expansión del conocimiento, ya que es uno de los campos que se está utilizando en grandes y pequeñas empresas en el mundo. Por esta razón, se plantea en esta investigación la siguiente hipótesis:

Los conocimientos sobre los VANT son aplicables en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, de tal manera que permita el mejoramiento de la educación y de las experiencias de los estudiantes.

1.5. Alcance

- La investigación se enfocará únicamente en el plan curricular de la carrera de Ingeniería de Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, Sede Central.
- El presente estudio abarca únicamente en la comprensión de la programación y construcción de un modelo básico de los VANT, con finalidad de impartir la dronótica como parte del plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software en la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, Sede Central.
- La investigación utilizará únicamente la información de los VANT programables de las generaciones del 2018 y del 2019 con fines educativos.

1.6. Limitaciones

- La compra de un VANT para la examinación de los componentes físicos y sensores automáticos que comprenden en los dispositivos.
- El desarrollo y la construcción personalizada de un VANT físico para la demostración de lo programado.
- El desconocimiento de un profesional experto en la programación de VANT o en la especialización del ámbito de la dronótica.
- Únicamente se lograron obtener evidencias de aplicación práctica de la dronótica en el campo de la agricultura.

1.7. Matriz de congruencia

Título	Problema	Objetivo general	Objetivos específicos	Preguntas de investigación
<p>Propuesta de un plan de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica.</p>	<p>¿Cómo se puede aplicar los conocimientos sobre los VANT en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica, con el fin de lograr el mejoramiento de la educación y de las experiencias de los estudiantes?</p>	<p>Proponer un plan de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Sede Central, mediante el análisis de aspectos relacionados con la dronótica que permita su inclusión en el alcance de conocimiento y experiencia de los estudiantes.</p>	<p>Conocer el proceso de la evolución y el sofisticado diseño de los componentes de los VANT, estudiando la teoría de los drones, sus características, costos y seguridad, con la finalidad de identificar los aspectos relevantes que ayudan en la comprensión de estos dispositivos durante su estudio y su aprendizaje.</p> <p>Comprender la integración de la programación y la construcción de los VANT, utilizando herramientas creadas por las instituciones de robótica y de programación para ilustrar de forma específica, los pasos a seguir para el uso y aprovechamiento del dispositivo.</p>	<p>¿Cuál fue el origen, el objetivo y la historia de la creación de los drones?</p> <p>¿Cuáles son las particularidades, componentes y propiedades completos que tiene un dispositivo dron?</p> <p>¿Cuál es el total de los costos financieros para realizar la compra de los drones en la carrera de Ingeniería de Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica?</p>

			<p>Analizar los aspectos y requerimientos necesarios para impartir la dronótica como parte del plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica examinando la acción docente actual.</p>	<p>¿Cuáles son las necesidades de seguridad y estandarizaciones para mantener la seguridad en el manejo de drones para un estudiante universitario?</p>
			<p>Proponer una solución curricular para la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional en donde se incluya temas y talleres relevantes para la comprensión y el desarrollo de los VANT, identificando las herramientas más utilizadas por los desarrolladores de dronótica.</p>	<p>¿De qué forma se puede aprovechar los drones en los cursos de la carrera de <i>software</i> de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica?</p> <p>¿Cómo se puede programar un dron y cuáles son las herramientas necesarias para hacerlo?</p>

Tabla 1 Matriz de congruencia

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de los vehículos aéreos no tripulados

2.1.1. El origen de los vehículos aéreos no tripulados

Antes de iniciar con la manipulación y desarrollo de un VANT, es importante comprender su origen de cómo fue creado, cuál fue la idea principal que innovó la construcción de este dispositivo y cuáles fueron sus objetivos. Esto porque ayudará a ampliar los conocimientos del estudiante y entender con más facilidad la razón por la cual se implementan cada uno de los componentes.

En 2016, Víctor Delgado, cinematógrafo dijo “La idea del avión no tripulado es antigua”. Realmente, este concepto nació desde tiempos atrás en el siglo XIX. Según el cinematógrafo, uno de sus primeros usos registrados en la historia fue en 1849 cuando los austriacos lanzaron aproximadamente doscientos (200) globos aerostáticos no tripulados con bombas integradas en Venecia (Delgado, 2016).

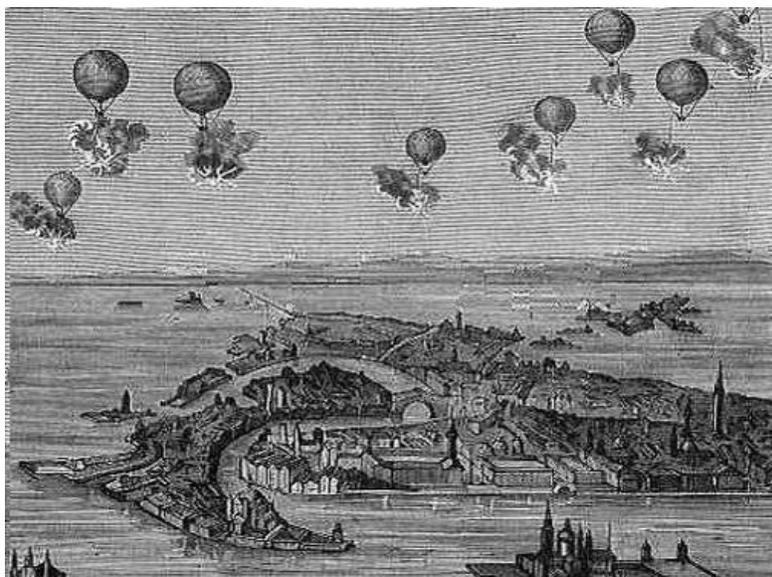


Ilustración 1. Ejército austriaco y la utilización de 200 globos aerostáticos no tripulados que se cargaron de bombas sobre la ciudad italiana de Venecia.

Fuente: Delgado, 2016.

De esta forma, comenzó la idea de realizar tareas sin arriesgar la vida de las personas y poder cumplir con sus misiones sin ningún tipo de problema. Por ello, los

ejércitos vieron el potencial de la tecnología e iniciaron con el desarrollo de esta para encontrar nuevos usos de los VANT. Por lo tanto, después de la Guerra Civil de los Estados Unidos, las fuerzas de la Confederación y de la Unión iniciaron con los vuelos de globos para misiones de reconocimiento. Con esta misma idea, en 1896, Samuel P. Langley creó una serie de aeronaves a vapor y sin piloto, que fueron trasladados exitosamente a lo largo del río Potomac, cerca de Washington DC (Delgado, 2016).

Más tarde, la vigilancia aérea surgió en la Guerra Hispano-Americana de 1898, cuando los militares de los Estados Unidos realizaron una de las primeras fotografías de reconocimiento aéreo instalando una cámara a una cometa (Delgado, 2016). Hasta esta fecha, se puede observar que encontraron un nuevo uso en los VANT, en donde se dan cuenta de que se puede integrar una cámara de fotografía para realizar tomas aéreas y, de esta forma, poder monitorear al objetivo deseado desde kilómetros de altura.

Llegando hasta los años 30, según el presidente de la Asociación Española de RPAS, Manuel Oñate (2015), a consecuencia del desarrollo del sistema que realizaron los británicos llamada *Queen Bee* en inglés, que significa Abeja Reina, se han reconocido popularmente estos dispositivos como “drones”, al migrar esta tecnología a los Estados Unidos. La palabra *drone* en inglés significa abeja macho o zángano. Esto porque, al encender el dispositivo, inicia la rotación de las hélices y el sonido que produce es similar al de la abeja. Finalmente, 90 años más tarde, se sigue reconociendo esta tecnología como un dron (Oñate, 2015).

2.1.2. Evolución y desarrollo de los vehículos aéreos no tripulados

Después de haber comprendido la historia de los VANT, se puede percatar que estos dispositivos han sido modificados y mejorados para poder adaptarse a las necesidades humanas. Por ello, inicia el proceso de la evolución y el desarrollo de estos dispositivos.

Según el presidente de la Asociación Española de RPAS Manuel Oñate (2015), “la verdadera evolución y el desarrollo de esta tecnología comienza desde los años 70 en el mundo militar que corresponde también a la revolución de la microelectrónica”

(Oñate, 2015). En aquel momento, el dispositivo ya tenía implementado sistemas orientados. Estos podían llevar cámaras y adicionalmente podrían cambiar la ruta durante su vuelo. No obstante, su punto débil era que no tenía la posibilidad de volver a su base de forma automática. Por ello, los ingenieros de las fuerzas armadas continuaron con el desarrollo y las mejoras de las aeronaves no tripuladas para la implementación de dispositivos de vigilancia que no necesiten de un sistema complejo de maniobras ni tampoco técnicas de guiado menos precisas (Delgado, 2016).

En esa época, se puede apreciar que, cada vez que existe una nueva necesidad, los ingenieros intentan satisfacerlas con funcionalidades y nuevas capacidades. De esta forma, los VANT han estado evolucionado de forma paulatina. Una de las modificaciones que hubo en los años 70 es cuando la Fuerza Aérea fomenta por primera vez un programa para aumentar las capacidades de alcance y de vigilancia. Estos son los vehículos teledirigidos. Según el Sr. Víctor Delgado (2016), este programa consiste en ofrecerle resistencia a los VANT para que puedan alcanzar grandes altitudes. Por esta razón, estos prototipos fueron los más ambiciosos desde la creación ya que son capaces de volar a más de 24 horas siendo pilotadas desde el suelo.

En los años 80 y 90, estos VANT empezaron a tomar forma, ya que las fuerzas aéreas americanas iniciaron con la reestructuración de estos dispositivos para la integración de misiles (Delgado, 2016). Con la reestructuración del chasis de estos VANT, incluyendo los misiles y demás, han llamado la atención de grandes compañías o ejércitos que desean utilizarlos para fines oscuros, una de ellas fue la CIA.

Esto ocurre cuando llega la historia contemporánea de la evolución y del desarrollo de los drones, en febrero del 2002 específicamente, la CIA utiliza por primera vez el vehículo no tripulado como "*Predator*" o conocido en inglés como "*Reaper Drone*" (Figura 2), cuyo nombre suena un poco amenazante, ya que la misión de este dron no es el combate, sino es ser un robot cazador que destruye y mata de forma selectiva. Su característica es que se utilizan especialmente para identificar y eliminar personas individuales sin que el ejecutor esté presente en la escena; es decir, busca con precisión y elimina sin arriesgar la vida del ejecutor (Delgado, 2016).



Ilustración 2. MQ 9 Reaper Drone (Drone Predator). Fuente: Delgado, 2016.

Según el presidente de la Asociación Española de RPAS Manuel Oñate (2015), en los años 80, la empresa Yamaha, en Japón, desarrolló el primer VANT que tuvo como propósito ayudar al comercio civil. Recibiendo el encargo del ministerio de agricultura japonesa para que desarrollara un sistema inteligente que permitiera la fertilización de los cultivos, unos 30 años más tarde de esa iniciativa Japón hasta hace poco era el país más desarrollado contaba con más de siete mil (7000) pilotos remotos para maniobrar dos mil quinientos (2500) sistemas creados por la compañía Yamaha, especialmente para fumigación de cultivos.

Por esta razón, gracias a los ingenieros japoneses de Yamaha, apareció un nuevo tipo de uso en los VANT. Un tipo que no es para fines malignos ni tampoco dañinos. Si no, un tipo civil que pretende ayudar en realizar acciones que son riesgosas para el ser humanos.

2.1.3. Vehículos aéreos no tripulados en la actualidad

En el punto anterior se explica cómo nació el uso civil en los VANT. Hasta la actualidad, existen muchas empresas, instituciones y universidades que utilizan estos dispositivos y lograr objetivos imposibles para el ser humano. Una de ellas es la Universidad de Costa Rica (UCR). La UCR explica que, en la actualidad, los VANT son dispositivos de alta tecnología que tienen grandes capacidades para cumplir funciones específicas, debido a que este puede ser operado remotamente en zonas peligrosas o

en área de riesgo para los seres humanos, esto según el Boletín Técnico PITRA-lanammeUCR (Vega, Ruíz y Garro, 2017).

Se entiende que, desde hace algunas décadas, los VANT fueron utilizados por parte de los militares y también de otros eventos que se mencionaron en el origen, evolución y el desarrollo de los VANT. No obstante, gracias a la evolución y el desarrollo de esta tecnología, apareció una nueva usabilidad en estos dispositivos y es que pueden ayudar a realizar funciones que el ser humano es incapaz de lograr o que pueden peligrar la vida de un ser humano; es decir, utilizar los VANT para el uso civil. Algunos ejemplos fueron destacados dentro de una investigación realizado por el Grupo de Robótica y Cibernética de la Universidad Politécnica de Madrid, en donde detalla por medio de una línea de tiempo las aplicaciones civiles para los VANT comenzando desde el año 2004 (Barrientos et al., 2015):

- “2004 - 2007: Patrulla de fronteras y costas, obtención de datos para cartografía, lucha contra incendios, monitorización de infraestructura energética” (Barrientos et al., 2015).
- “2008 - 2012: Apoyo a los agentes de la ley, búsqueda y rescate, control de tráfico marítimo, supervisión de materiales peligrosos, gestión de crisis” (Barrientos et al., 2015).
- “2013 en adelante: Sustitutos de satélites, servicios de comunicaciones, transporte, apoyo a los agentes de la ley en zonas urbanas” (Barrientos et al., 2015).

Por otro lado, según Campoy et al. (2016), de la Universidad Politécnica de Madrid también se ha estado utilizando para la agricultura en la monitorización de los cultivos, siembra de cultivos y pulverización de fertilizantes (Campoy et al., 2016).

Todas estas misiones civiles ayudan a mejorar la vida diaria del ser humano. No obstante, es importante prestarles atención a algunas de las características de los VANT a la hora de realizar la compra, puesto que cada una de las misiones requieren diferentes características para llevarla a cabo. Tal y como tener disponible un lugar para el

despegue y aterrizaje del vehículo, velocidades, tipos de maniobras, cantidad de peso máximo que puede soportar el vehículo, alcance (corta o larga distancia), tipo de batería, entre otras, pero esto se abarcará en los próximos puntos.

Como se observa, la aplicación de los VANT ha tenido cambios realmente notorios, cambios que incrementan el valor, la necesidad y la demanda de estos dispositivos. Por ello, hoy en día, los VANT se han convertido en una herramienta indispensable para muchos de los comercios y también para futuros emprendedores.

2.2. Teoría de los vehículos aéreos no tripulados

Los VANT muchas veces son conocidos como dispositivos comerciales o de entretenimiento. Sin embargo, existen teorías que pueden complementar el conocimiento actual y así innovar nuevas funcionalidades o aplicaciones que pueden llegar ser útil durante el desarrollo de la humanidad. Tal y como fue definido en la Real Academia Española, “una teoría es una hipótesis cuyas consecuencias se aplican a toda una ciencia o a parte muy importante de ella” (Real Academia Española, 2022). Por ello, a continuación, se detallarán algunos puntos importantes que se deben comprender, entender y analizar antes de entrar al mundo de la tecnología de los VANT.

2.2.1. Definición de los vehículos aéreos no tripulados

Quizás la definición de los vehículos aéreos no tripulado se haya mencionado en puntos anteriores, sin embargo, el Boletín Técnico PITRA-lanammeUCR detalla con claridad una definición sencilla y comprensible, que fue mencionado por Gertler (citado en Vega et al., 2017):

Como su nombre lo indica, los VANT son aeronaves pilotadas por medio de un control remoto o cuarto de control a distancia. Su tamaño puede ser muy variable, pues existen aparatos que caben en la palma de la mano, así como aquellos con dimensiones similares al de una avioneta comercial, como los Predador del ejército de EE.UU.

El nombre de este dispositivo en muchas partes del mundo puede ser un poco controversial, ya que lo han nombrado de diferentes maneras, pero el más conocido es el dron, que en inglés significa abeja macho o zángano. Esto debido al peculiar sonido que emite cuando se encienden las hélices y este alza el vuelo. No obstante, como lo indica Vera (2013), su nombre correcto es Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT). Adicionalmente, existe también el término Vehículo Aéreo No Tripulado de Combate (VANTD) para distinguirlos de aparatos bélicos (Vega et al., 2017).

2.2.2. Aplicaciones civiles de los vehículos aéreos no tripulados

Actualmente, existen muchas áreas en donde se pueden aplicar o utilizar este tipo de vehículo, lo único que se necesita es un poco de innovación y de creatividad. Por el momento, el Grupo de Robótica y Cibernética de la Universidad de Madrid menciona las distintas aplicaciones civiles que existen hasta ahora, de las cuales se van a puntualizar las más reconocidas y también se dará varios ejemplos para cada una de ellas (Barrientos et al., 2015).

- **Inspección de infraestructura:** muchas veces profesionales e ingenieros necesitan realizar inspecciones en zonas muy altas, largas o amplias. Por lo cual, realizar este trabajo manualmente, se vuelve muy peligroso o necesitan de grandes cantidades de tiempo para finalizar con la inspección. Por lo tanto, utilizan este dispositivo para llevar a cabo esta misión. Algunos ejemplos de inspección son líneas eléctricas, oleoductos y gasoductos, viaductos, puentes o presas (Barrientos et al., 2015).
- **Vigilancia de Fronteras:** un gran ejemplo para esta aplicación es el uso de estos dispositivos en Costa Rica para vigilar lugares más remotos en la frontera norte durante la pandemia del coronavirus COVID-19 en el año 2020. Esto surgió cuando la vicepresidenta de la República da la idea de utilizar los drones con el que cuenta el Ministerio Seguridad Pública para realizar la respectiva vigilancia (Comunicado del Gobierno del Bicentenario, 2020).

- **Filmografía:** en la mayoría de las industrias de cine utilizan este tipo de aplicación para obtener imágenes sofisticadas desde grandes alturas y de esta forma tener tomas espectaculares que atraen a las personas. También, pueden ser utilizados para realizar reportajes de eventos importantes que ocurren en alguna zona, o los desastres naturales (huracanes, riadas, volcanes, entre otras) (Barrientos et al., 2015).
- **Intervención en desastres no naturales:** muchas veces los desastres naturales son causados por el hombre, por lo cual utilizan VANT para evitarlos monitoreando toda aquella zona en la que puede haber incendios forestales, vertidos contaminantes (petróleo) o presencia de radiactividad (Barrientos et al., 2015).
- **Levantamiento de mapas:** este tipo de aplicación lo utiliza comúnmente por topógrafos para cubrir una zona con grandes metros de distancia (Barrientos et al., 2015).
- **Climatología:** los meteorólogos utilizan los VANT para visualizar desde grandes alturas los cambios climáticos y también monitorean la contaminación atmosférica que existe en el país (Barrientos et al., 2015).
- **Agricultura:** uno de los usos civiles más comunes es en la agricultura para fumigar, hidratar, analizar el estrés hídrico del cultivo o para la agricultura de precisión (Barrientos et al., 2015).
- **Búsqueda y rescate:** a veces, ocurren situaciones en donde las personas desaparecen, naufragan o surgen accidentes en zonas de difícil acceso. Por lo tanto, se utilizan VANT para realizar este tipo de trabajo con más rapidez y de esta forma prevenir futuras tragedias (Barrientos et al., 2015).

Además de todas estas aplicaciones civiles mencionadas anteriormente, existen muchas formas más en las que puedan contribuir estos dispositivos. Solo se necesita innovación e investigación para encontrar nuevas capacidades, por esto se trata la evolución de los VANT.

2.2.3. Componentes de los vehículos aéreos no tripulados

Con el fin de poder llegar a crear e innovar con estos dispositivos, es de suma importancia entender y comprender cuáles son y cómo funcionan cada uno de los componentes básicos de un VANT. Para ello, se listará y se explicará cada uno de los componentes de un VANT, eso con base en la especialista en VANT Eva Benítez Mantero (2018), de Dron Profesional:

- **Placa base:** se conoce también la tarjeta madre que contiene un circuito impreso en la que se conectan todos los componentes (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 3. Placa madre del VANT.

- **Motor eléctrico:** ayudan a mantener el VANT en el aire girando las hélices (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 4. Motor eléctrico del VANT.

- **Placa controladora de vuelo:** es una placa con componentes como giroscopio, sensores de altitud y altura, sensor de variación de altura, brújula, sensor de velocidad y de posición para controlar el vuelo del VANT desde cierta distancia (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 5. Placa controladora de vuelo.

- **Hélices:** elevan al VANT en el aire y son giradas gracias a la potencia que transmiten los motores (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 6. Hélices de un VANT.

- **Chasis:** es el esqueleto de un VANT en donde va implementado todos los componentes (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 7. Chasis del VANT.

- **Baterías:** son los encargados de suministrar la energía al motor y a los componentes necesarios (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 8 Baterías del VANT.

- **Estación de control:** este consta de 3 principales elementos, las cuales son el emisor/receptor de señal, que envía información al VANT para el control del vuelo y recibe datos desde los sensores integrados en ella; elementos de control o mandos, que permiten pilotar el VANT obteniendo el control sobre los motores; elementos de visualización y gestión de datos, que obtiene los datos de posicionamiento y telemetría (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 9. Estación de control del VANT.

- **Reguladores de velocidad:** se encargan de que los motores de un VANT giren a la velocidad adecuada por medio de un circuito que varía la velocidad y frenarlos para realizar los diferentes movimientos en el aire (Benítez Mantero, 2018).

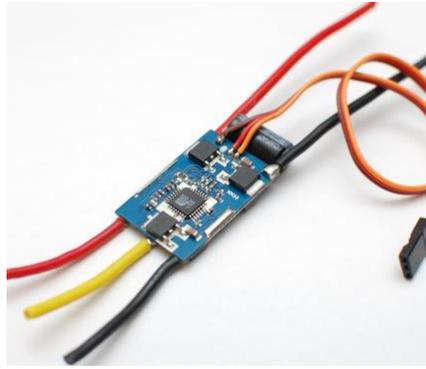


Ilustración 10. Regulador de velocidad para el VANT

- **Gimbal o cardán:** estabiliza el VANT que une a la cámara al dispositivo. Gracias a este componente, mantiene controlada y nivelada el vuelo y nos permite realizar giros en los ejes x, y, z de la cámara desde el punto de control (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 11. Gimbal que estabiliza la cámara del VANT.

- **Cámara:** permite la visualización en primera persona de lo que está viendo el VANT y también puede tomar fotografías y video desde el aire (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 12 Cámara integrado del VANT.

- **Tren de aterrizaje:** es el componente que usa el VANT para apoyarse cuando llega a la tierra y de esta forma evitar sufrir daños posteriores en su despegue (Benítez Mantero, 2018).



Ilustración 13. Tren de aterrizaje el VANT.

Con todos estos componentes, se puede construir un VANT con funcionalidades básicas. Si se requiere alguna estructura o funcionalidad en específica para poder llevar a cabo misiones diferentes, este puede reestructurarse e instalar todos aquellos componentes extras que necesita el usuario. Por lo tanto, se puede observar que un VANT realmente es adaptable a cualquier funcionalidad en el momento que lo requiera. Esta es una de las razones por las cuales muchas compañías utilizan este tipo de dispositivo para crear e innovar soluciones para sus clientes.

2.2.4. Clasificación de los vehículos aéreos no tripulados

Desde la aparición de los VANT hasta la actualidad realmente no han surgido muchas clasificaciones, han sido únicamente 2 tipos, los cuales se diferencian por el tipo de ala que utilizan. Según el centro de Automática y Robótica de la Universidad Politécnica de Madrid en España, los VANT se clasifican en ala fija y alas rotatorias (Campoy et al., 2016)

Los VANT de ala fija tienen como principal característica el despegue horizontal. Su apariencia puede ser rectangular o trapezoidal, con o sin flecha en su parte frontal, ala alta, media o baja con una cola estabilizadora horizontal, de doble cola, en forma de H o de V. También se pueden encontrar motores con diferentes propulsores, como el

turborreactor para régimen subsónico alto y para el régimen subsónico bajo sería con turbohélice o motores de pistón con hélice (Campoy et al., 2016).

Además, estos motores pueden localizarse en distintas partes de la aeronave para cumplir con una función única, como, por ejemplo, tener el motor posicionado en la parte delantera de la aeronave para poder tener una hélice tractora, si se posiciona en el extremo trasero de la aeronave, se puede obtener una función de hélice empujadora, o cuando se posiciona bajo el ala, se convierte en hélice tractora o empujadora (Campoy et al., 2016).

A continuación, se mostrarán algunos ejemplos de VANT de clasificación ala fija:

Nombre	Imagen	Descripción
El Shadow 200 (RQ-78)		Es un avión que representa un ala convencional (fija)
Rustom-1		VANT con clasificación ala fija
El X-47B		VANT con ala volante
Elbit Skylark I		VANT con cola convencional (fija)
El Predator		VANT con cola en V
IAI-Heron		VANT con cola en H

Tabla 2. Ejemplos de VANT con clasificación ala fija.

Por otro lado, en los VANT con alas rotatorias vuelan utilizando la fuerza creada por sus alas o por las palas del rotor y pueden despegar y aterrizar verticalmente. Por lo general, estas palas del rotor se implementan en un solo mástil y giran en torno a él, creando el sistema mecánico conocido como rotor. Su apariencia puede ser como de tipo helicóptero, ciclogiro, autogiro o girodino, todo depende de la configuración de su rotor. Gracias a su rotor, estos pueden mantener su posición en el aire (conocido en inglés como *hover*), volar hacia adelante, hacia atrás y lateral (Campoy et al., 2016).

A continuación, se mostrarán algunos ejemplos de VANT de clasificación ala rotatoria:

Nombre	Imagen	Descripción
Black Hornet Nano		Es uno de los VANT más pequeños que existen a lo largo de la historia. Es de tipo helicóptero con dimensiones de 10 x 2,5 cm.
Parrot AR Drone		Es un VANT tipo helicóptero cuatrirrotor.
Prototipo diseñado por la Northwestern Polytechnical University en China		Es de tipo ciclo giro que tiene palas que giran alrededor del eje horizontal.

Prototipo desarrollado por FUVEX		Es de tipo autogiro que utiliza un rotor sin motor mientras que el empuje es generado por una hélice con motor similar a la de un avión.
QH 50 DASH		Este VANT tiene una gran importancia histórica, ya que fue el primer VANT con ala rotatoria. Utiliza su motor principal para el despegue y el aterrizaje, sin embargo, también contiene uno o más motores para el empuje hacia adelante durante el vuelo. Es de tipo girodino.

Tabla 3. Ejemplos de VANT con clasificación ala rotatoria.

2.2.5. Beneficios obtenidos de los vehículos aéreos no tripulados

Gracias a los VANT, el mundo de la tecnología ha estado evolucionando de forma exponencial, ya que este dispositivo ha cumplido con funciones que antes era imposible para el ser humano lo realizara. Por ello, seguidamente, de forma resumida, se identificarán algunas ventajas o beneficios de los VANT, según el Boletín Técnico PITRA-lanammeUCR (Vega et al., 2017).

- Es una tecnología adaptable para cualquier tipo de actividades y pueden ser personalizadas para desempeñar una funcionalidad en específica.
- Gracias a los VANT, se pueden dar seguimientos históricos sin realizar gastos relativamente altos como cuando se realizaban con avionetas o helicópteros.

- Reduce el riesgo al que se enfrenta el funcionario durante las inspecciones de área o zonas peligrosas.
- Tiene la capacidad de obtener evidencia fotográfica y datos actuales desde distintos ángulos.
- Generación de curvas de nivel en la infraestructura vial para realizar estudios básicos que aportan al mejoramiento y el desarrollo de las carreteras.
- Generación de cartografía actualizada y procesamiento fotogramétrico por medio de un *software* que permite crear imágenes en tercera dimensión que facilita el análisis de las estructuras y terrenos.
- La facilidad para tomar decisiones con la información obtenida de los VANT, ya que es compatible con el Sistema de Información Geográfica.

2.3. Drones educativos y sus precios

Como cualquier otra tecnología, los precios de los VANT pueden variar dependiendo de su clasificación técnica (visto en el punto 2.2.4 del presente documento), debido a que cada una de ellas tiene capacidades diferentes; esto puede llegar a afectar el precio del VANT. Sin embargo, para adquirir un VANT, el comprador debe analizar ¿cuál es la necesidad?, y ¿cuál es la finalidad de querer comprar un VANT? Sin embargo, esta investigación se enfocará únicamente en los VANT educativos que podrán ser contruidos y codificados por los estudiantes. Todos estos dispositivos que se mencionan a continuación vienen en conjunto (*kit*) desarrollos de aplicaciones (*SDK*) y su respectiva cámara integrada para la filmación, esto según el artículo publicado en la Guía de drones (Guía drones, 2020). No obstante, algunos de estos VANT pueden llegar a ser muy caros, por lo que es importante identificar la necesidad del estudiante durante su aprendizaje.

2.3.1. Robolink CoDrone Lite y Pro kit educativo

Este VANT fue creado en el 2012 y tiene como objetivo alentar a los estudiantes a aprender sobre la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de una manera creativa y atractiva (Guía drones, 2020). Los creadores de este tipo de VANT proporcionan una plataforma de aprendizaje, en donde los estudiantes lo utilizan para desarrollar sus proyectos y también aclarar dudas o compartir ideas en su foro comunitario (Guía drones, 2020).

Como característica principal, el VANT tiene integrada la tecnología *Bluetooth* (BLE) para que el estudiante pueda conectarse desde su computadora utilizando una aplicación llamada CoDrone. Esta aplicación es un sitio para desarrollar código en *Python* con una estructura de bloque en Snap (Guía drones, 2020).

Algunas de sus características técnica, según la Guía drones (2020), son las siguientes:

- Puede tener hasta los 8 minutos totales en tiempo de vuelo
- Puede llegar hasta un rango de vuelo de 48.77 metros (160 pies).
- Utiliza un sensor óptico para volar por el aire.
- Tiene 3 ejes de giroscopio.
- Tiene un sensor de barómetro utilizado controlar la altitud del dispositivo.
- Tiene un acelerómetro de 3 ejes para controlar la altitud del dispositivo.
- Tiene un sensor infrarrojo utilizado para juegos educativos.
- Pesa aproximadamente 1.3 onzas (37 gramos).
- Tiene bluetooth versión 4.0

Existen dos versiones de *CoDrone*, las cuales son el *CoDrone Pro* y el *CoDrone Lite*. El *CoDrone Pro* tiene las mismas características que el *CoDrone Lite*, sin embargo, el *CoDrone Pro* tiene como complemento el mando a distancia basado en Arduino, por lo que el estudiante aparte de poder desarrollar en *Python* también puede programar basándose en la codificación de Arduino (Guía drones, 2020).

Por lo tanto, si el estudiante es principiante, se recomienda comprar el *CoDrone Lite*, ya que es más fácil de programar y de personalizarla a su necesidad. De lo contrario, si el estudiante es avanzado en programación, puede comprar el *CoDrone Pro* para poder aprovechar todos los aprendizajes que puede obtener desde la programación en Arduinos.

El precio de estos 2 tipos de VANT no son excesivamente caros comparados con otros drones educativos, ya que incluyen un microcontrolador armable para programar maniobras personalizadas. Según la empresa Robolink, una compañía de comercio electrónico, que comercializa en Amazon, el *CoDrone Lite* tiene como precio **\$119,9**, y el *CoDrone Pro* **\$179,9** (Robolink, 2020).



Ilustración 14. CoDrone Pro

Fuente: Robolink, 2020.

2.3.2. Sky Viper e1700 kit de dron acrobático

Si se desea que el estudiante pueda tener un aprendizaje aún más amplio de cada uno de los componentes de los VANT, el *Sky Viper e1700* es el indicado. Este dispositivo requiere de una construcción desde cero por parte del estudiante (Guía drones, 2020).

El *Sky Viper* es un dron acrobático que puede realizar 8 volteretas con solo mantener presionado el controlador izquierdo. Tiene 2 tipos de vuelos en la que el estudiante puede elegir el modo automático (en donde su altitud se mantiene y vuela hacia adelante, a los lados y hacia atrás con las manos libres del tablero de control) y el modo manual. La sensibilidad cuando el dispositivo vuela es ajustable para que pueda

realizar sus acrobacias y tiene una característica peculiar que permite despegar y aterrizar de forma automática con solo pulsar un botón (Guía drones, 2020).

El precio del *Sky Viper e1700* es relativamente bajo, muy fácil de construir y también de volar. Según la empresa *Sky Viper*, la compañía más conocida de comercio electrónico, el precio de este dispositivo es de **\$39,99** (Sky Viper, 2020).



Ilustración 15. Sky Viper e1700.

Fuente: Sky Viper, 2020.

2.3.3. DJI Tello Edu drone

Un VANT impresionante que permite al estudiante programar y ejecutar todas las acciones que desee. Gracias a este dron educativo, el estudiante aprende a codificar en *Scratch*, *Python* y *Swift* con el conjunto de desarrollos de aplicaciones creada por Tello en la que ofrece numerosas opciones de comando con las que se pueden trabajar (Guía drones, 2020).

Algunas de sus características es que tiene despegue y aterrizaje automatizado, protección de batería baja y contra fallos, sistema de posicionamiento de visión, transmisión de video HD de 720p, fotos hasta de 5 megapíxeles, se mantiene hasta 13 minutos de vuelo, es preciso al estar suspendido en el aire, pueden ser programados en conjunto con otros DJI Tello, múltiples modos de vuelo, cuenta con inteligencia artificial que puede reconocer objetos, rastreos y reconstrucción 3D y más (Guía drones, 2020).

El precio de este VANT, según la empresa DJI, la cual comercializa en Amazon, es de **\$99** (DJI, 2020).



Ilustración 16. DJI Tello Drone.

Fuente: DJI, 2020.

2.3.4. Parrot Mambo Fly

El *Parrot Mambo Fly* es un dispositivo programable, inteligente, robusto y muy fácil de volar. Actualmente, es uno de los drones más estables en el mercado, gracias a sus sistemas de piloto automático inteligente, ya que tiene sensores integrados y capacidad de realizar vuelos avanzados. Otra característica bastante única es el sistema de corte, el cual permite que los motores se apaguen automáticamente cuando los sensores captan un impacto. Este dron puede mantenerse en el aire hasta los 9 minutos y tarda tan solo 30 minutos para cargar su batería (Guía drones, 2020).

Una característica bastante llamativa para los compradores es que *Parrot Mambo Fly* tiene tecnología de seguimiento para perseguir a un objetivo y toma de fotos utilizando su potente cámara integrada que, a su vez, son almacenadas en el dispositivo móvil de la persona (Guía drones, 2020). El estudiante puede volar el *Parrot Mambo Fly* empleando su dispositivo móvil inteligente con la aplicación *FreeFlight Mini*, en la cual le dará un rango de vuelo hasta de 20 metros (Guía drones, 2020).

Gracias a la tecnología del *Parro Mambo Fly*, el estudiante puede aprender a programar en *JavaScript*, *Python*, *Apple Swift* y otros lenguajes de programación. Además, también aprenderá a bloquear código en *Tynker* y *Blockly* (Guía drones, 2020).

El precio de este dispositivo, según la empresa Parrot, una de las compañías de comercio electrónico más conocidas en el mundo, es de **\$122** (Parrot, 2020).



Ilustración 17. Parrot Mambo Fly.

Fuente: Parrot, 2020.

2.3.5. Makeblock Airblock

El dron *Makeblock Airblock* fue creado por la empresa *Makeblock*, que es uno de los líderes mundiales en soluciones educativas. Este dron es un avión teledirigido creado para el aprendizaje dentro de las familias, escuelas y las instituciones educativas. La construcción y la programación son realmente sencillas ya que fue hecha para las personas principiantes, incluso niños desde la educación primaria (Guía drones, 2020).

La duración de su batería es de 6 a 8 minutos, con una distancia de control de hasta 10 metros. Tiene integrada la tecnología *Bluetooth* y sensores electrónicos como el ultrasonido, el barómetro, giroscopio de 6 ejes, 6 motores de copa hueca y luces LEDs (Guía drones, 2020).

Con este tipo de vehículo, la persona aprenderá a programar basado en bloques y de texto utilizando la plataforma *mBlock 5*. Esta aplicación hace que la codificación sea más interactiva, fácil y divertida. Además, tiene integrada una tercera aplicación llamada *Neuron* que permite la programación basada en flujos que soportan tecnologías como la inteligencia artificial (Guía drones, 2020).

El precio de este VANT, según la empresa MakeBlock, es de **\$189,99** (Makeblock, 2020).



Ilustración 18. Airblock Drone.

Fuente: Makeblock, 2020.

2.3.6. PlutoX

Dronea Aviation es una empresa localizada en India, fue la empresa creadora del VANT *PlutoX*, con la finalidad de que la persona pueda aprender a construir, diseñar, programar y volar el dispositivo (Guía drones, 2020). Este vehículo pesa 15 gramos y puede mantenerse suspendido en el aire hasta por 9 minutos, tiene integrada la tecnología Wi-Fi para la comunicación con una distancia de 60 metros (Guía drones, 2020).

Para la programación de este vehículo, existe un entorno de desarrollo integrado (*IDE*) llamado Cygnus que permite crear aplicaciones para drones. Su desarrollo es muy similar al de un Arduino, la cual está basada en una interfaz de programación de aplicaciones (*API*'s). Es de código abierto, sin embargo, el estudiante necesitaría conocimientos básicos del lenguaje de programación C++ (Guía drones, 2020).

El precio de este VANT, según la empresa Pluto, una de las compañías de comercio electrónico más conocidas en el mundo, es de **\$85,12** (Pluto, 2020).



Ilustración 19. PlutoX Drone.

Fuente: Pluto, 2020.

2.4. Medidas seguridad para la prevención de accidentes

Durante el proceso de aprendizaje de los VANT, es de suma importancia tomar en cuenta las medidas de seguridad estipuladas por el país en la que se desea ejecutar la acción, ya que cada país tiene su propia directiva operacional de VANT o Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS). Por ello, antes de utilizar algunos de los drones educativos mencionados anteriormente, es necesario repasar las medidas de seguridad del documento de la Directiva Operacional DO-001-OPS-RPAS de la Dirección General de Aviación Civil de Costa Rica, en las que el docente y el estudiante deben tomar en cuenta para volar un dispositivo aéreo y así prevenir cualquier tipo de accidente. Según la DGAC (2017), estas medidas aplican única y exclusivamente para las operaciones con:

- “Sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) civiles; (por sus siglas en inglés, Remotely Piloted AirCraft), de los RPA con peso inferior a los 150 kg ‘Peso máximo de despegue’” (p. 6).
- “RPA de peso superior destinadas a la realización de actividades de lucha contra incendios, búsqueda y salvamento y otras actividades con la debida aprobación de la DGAC” (p. 6).

Además, menciona que la regulación tomada por la DGAC (2017) no aplica en las operaciones de:

- “Aeronaves pequeñas de aeromodelismo que vuelan en un círculo, y se controla en la actitud y la altitud, por medio de cable limitado unido a un mango o cabo por la persona que opera la aeronave” (p. 6).
- “Aeronaves de aeromodelismo operadas en el interior de una instalación y/o estructura; además aeronaves no tripuladas de radio control limitadas a un alcance máximo de 40 metros (130 pies) para uso recreacional” (p. 6).
- “Aeronaves no tripuladas a gran escala más de 150 kg (grandes RPA)” (p. 6).
- “Aeronaves no tripuladas del Estado para operaciones de seguridad” (p. 6).

2.4.1. Requerimientos de operaciones

Para poder operar un VANT en Costa Rica de forma recreativa, no es necesario contar con una licencia, pero sí es necesario tomar en cuenta varias consideraciones de las cuales se clasifican dependiendo del peso del dispositivo, esto según la Directiva Operacional estipulada por la DGAC de Costa Rica.

CLASIFICACIÓN	PESO
Micro RPA	≤ 100 gramos
Pequeños RPA	≤ 2 kg
Livianos RPAS	≤ 25 kg
Grandes RPAS	≤ 150 kg

Tabla 4. Clasificación de los RPAS.

Fuente: DGAC, 2017.

Sin embargo, esta investigación se enfocará únicamente en las regulaciones de los VANT con un peso menor a 2 kilogramos. Para poder operar VANT con pesos menores o iguales a 2 kilogramos con visibilidad directa visual, este debe ser registrado, según la Directiva Operacional, como se menciona a continuación:

Todas la Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA) con peso menor a 25 kg deben llevar fijada a su estructura una placa de identificación en la que debe constar, de

forma legible a simple vista si es posible e indeleble, la identificación de la aeronave, mediante la designación específica establecida por el operador que como mínimo incluya, número de serie, así como el nombre de la empresa operadora o propietario y los datos necesarios para ponerse en contacto con la misma (DGAC, 2017, p. 13).

Adicionalmente, todas aquellas personas que desean operar un VANT en territorio nacional deben tener claros los siguientes requisitos estipulados en la Directiva Operacional de la DGAC (2017):

Operaciones VLOS: Las aeronaves civiles pilotadas a Distancia cuya masa máxima al despegue no exceda de 25 kg., solo pueden operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto (VLOS), a una distancia de este no mayor a 500 metros, y a una altura sobre el terreno no mayor de 120 metros (400 pies) (p. 15).

Operaciones BVLOS: Las aeronaves civiles pilotadas a Distancia cuya masa máxima al despegue no exceda de 25 kg., solo pueden operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblo o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, más allá del alcance visual del piloto (BVLOS), dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 120 metros (400 pies), siempre que cuenten con medios para poder conocer la posición de la aeronave. La realización de los vuelos debe estar condicionada a la emisión de un NOTAM por AIS de la DGAC, a solicitud del operador o propietario debidamente habilitado, para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo de la zona en que ésta vaya a tener lugar (p. 15).

2.4.2. Medidas de seguridad

Antes de pilotar un VANT, el operador es responsable de tener en su conocimiento las medidas de seguridad necesarias que se deben acatar antes, durante y después de la ejecución. Esto para proteger la seguridad de las personas que rodean este dispositivo.

Al pilotar un VANT, no solamente hay que preocuparse por la seguridad del propietario, sino que también hay que cuidar la seguridad de los terceros. Por ello, la DGAC (2017) ha estipulado un requerimiento en donde el propietario debe adquirir una póliza de seguro a terceros por daños que puedan causar durante la ejecución del vuelo:

Se deben exigir a los operadores o propietarios de los Sistemas de la aeronave pilotadas a Distancia, una póliza de seguro vigente que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución del vuelo, las pólizas deben formalizarse de conformidad con las coberturas previstas por las diferentes empresas de Seguros respecto de la responsabilidad civil, cuando corresponda en orden a esta Directiva Operacional (p. 16).

Por otra parte, para evitar desastres y accidentes con otros dispositivos o tecnología que se encuentran en el aire, se debe tomar en consideración la siguiente cláusula obtenida de la Directiva Operacional de la DGAC (2017):

Que la operación se realice a una distancia mínima de 8 km. respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo, la realización de vuelos a menos de 8 km debe estar condicionada a la aprobación de los procedimientos por la Dirección General de Aviación Civil e incluirá la emisión del respectivo NOTAM (p. 17).

También es importante considerar la situación climatológica de la zona en la que se desee realizar la ejecución del vuelo, debe ser de día y con condiciones meteorológicas visuales. Tal y como está estipulado en la siguiente cláusula, obtenida de la Directiva Operacional de la DGAC (2017):

Pueden realizar actividades aéreas con aeronaves civiles pilotadas a distancia solo de día y en condiciones meteorológicas visuales, la realización de vuelos nocturnos está sujeta a la aprobación de la DGAC (p. 17).

2.4.3. Recomendaciones en uso de los vehículos aéreos no tripulados

La DGAC reitera algunas recomendaciones para el propietario si desea volar un VANT de forma recreativa (aeromodelismo). Se menciona nuevamente que el propietario no requiere de la aprobación de la DGAC durante su ejecución, pero debe seguir la siguiente guía de seguridad:

- “Puede volar el Dron de aeromodelismo en un club o asociación de Aeromodelismo” (DGAC, 2018).
- “Puede tomar lecciones o cursos de seguridad operacional de vuelo” (DGAC, 2018).
- “Puede usar el Dron de aeromodelismo para disfrute personal” (DGAC, 2018)
- “Sólo se permiten vuelos de día, en condiciones meteorológicas visuales y en zonas fuera de aglomeraciones” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo cerca de aeronaves tripuladas” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo fuera del alcance visual del operador” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo si su peso es mayor a 25Kg” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo para actividades remuneradas o comerciales” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo a más de 400 pies (120 mts) de altura” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo dentro de un radio de 8 Km alrededor de un aeródromo, Centros Penitenciarios, Casa Presidencial, entre otros” (DGAC, 2018).

- “No puede volar el Dron de aeromodelismo donde afecte la privacidad de las personas” (DGAC, 2018).
- “No puede volar el Dron de aeromodelismo en actividades masivas o aglomeraciones” (DGAC, 2018).

Es importante seguir todas estas recomendaciones estipuladas por la DGAC, ya que son resultados que fueron detalladamente estudiadas por expertos que intentan mitigar cualquier tipo de accidentes y, de esta forma, proteger la seguridad tanto de la población como la del operador o propietario.

2.5. La dronótica

2.5.1. Definición de la dronótica

Según Blanca Cavazos (2015), la dronótica es un concepto bastante nuevo que fue utilizado por muchas de las personas para referirse al aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación. Por ello, hasta la fecha, aún no ha sido incorporado a la Real Academia Española. Sin embargo, muchas de las instituciones han estado implementando este tipo de enseñanza en los estudiantes, ya que mejoran la capacidad de desarrollo lógico, toman riesgos reflexivos, mejoran la capacidad del trabajo en equipo, involucran el aprendizaje experimental, promueven la búsqueda y el análisis para la resolución del problema y trabajan a través de un proceso creativo (Cavazos, 2015).

Por otra parte, este tipo de estudio también abarca indirectamente el enfoque educativo del aprendizaje *STEAM*. Según la especialista de integración de artes, Susan Riley (s.f.): “STEAM utiliza la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería, las Artes y las Matemáticas como puntos de acceso para guiar la investigación, el diálogo y el pensamiento crítico de los estudiantes”.

La evolución y el desarrollo de la tecnología ha estado avanzando de forma exponencial, muy pronto los VANT serán parte de la vida diaria de cada una de las personas; por ello, es necesario sembrar esta semilla de conocimiento de la dronótica en

los futuros profesionales. Tal y como fue recalcado por la directora de Recursos Tecnológicos del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, Paula Villalta (2019), en San Carlos Digital de Costa Rica: “El MEP también dota de drones a colegios académicos. Invierte ₡ 188 millones. Queremos desarrollar y mejorar las habilidades de los estudiantes para que puedan llegar mejor capacitados al mercado laboral (citado en Delgado, 2019).

2.5.2. Beneficios de la dronótica

Los VANT en la dronótica son una tendencia en la actualidad, que necesita ser aprovechada por las instituciones para obtener grandes beneficios. Esto cambiará el punto de vista de los estudiantes, de tal manera que puedan ver el mundo desde una perspectiva diferente y, finalmente, ampliar estos conocimientos y aplicarlos para poder crear proyectos innovadores en el futuro.

A continuación, se mencionan varios beneficios analizados y estudiados por Alberto Otero de VermisLAB de España, empresa encargada de la innovación educativa, en donde potencia la creatividad de los estudiantes desde la robótica, programación y ciencia (Otero, 2019):

- **Más motivación en clase:** aumenta la motivación de los estudiantes ya que es una tecnología totalmente nueva que incentiva el querer tener más conocimiento acerca de ella. Además, incrementa la capacidad de concentración en la materia.
- **Ayudar en el desarrollo de la motricidad y la coordinación:** mejora las capacidades motoras y de coordinación mano - ojo del estudiante al controlar el VANT.
- **Favorece el pensamiento lógico:** los VANT son perfectamente adecuados para la programación. Son similares a los robots, pero con una diferencia de que flotan en el aire. Por lo tanto, el estudiante puede desarrollar el pensamiento lógico programando los movimientos que desee para cumplir con su objetivo o misión. Además, de la programación, también puede desarrollar capacidades electrónicas que se adapten a las funcionalidades programadas.

- **Fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas:** Finalmente, el estudiante podrá analizar e identificar problemas que pueden ser mitigados por los VANT. De esta manera, ayudará con el desarrollo y la evolución de la tecnología en el futuro (Otero, 2019).

Aparte de todos estos beneficios mencionados anteriormente, existen aún más en el mundo del aprendizaje de la tecnología, solo hace falta implementarlo en la institución para obtener su fruto.

2.5.3. Uso didáctico de la dronótica

Realmente, existen muchas metodologías que pueden ser utilizadas para la enseñanza de la dronótica. Sin embargo, la Guía Drones (2020) recomienda utilizar *STEAM* como técnica de enfoque educativo del aprendizaje; esto porque abarca grandes áreas en las que el estudiante puede aprender con más facilidad. Asimismo, según el Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, existen 6 pasos para poder implementar una clase enfocada a esta metodología. Es de suma importancia seguir paso a paso estas técnicas para poder abordar cada uno de los conceptos de la dronótica, estas son:

1. **Enfoque:** “identificar una pregunta esencial para responder o un problema para resolver” (Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, 2020). En este caso, el docente no solo debe enfocarse en el VANT, sino en un problema que puede ser resuelto por la utilización del VANT.
2. **Detalle:** “buscar los elementos que contribuyen al problema o pregunta” (Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, 2020). Cada uno de los estudiantes deberá investigar y buscar una solución utilizando el VANT. Durante su proceso de búsqueda, encontrarán el porqué del problema y, con base en eso, descubren una gran cantidad de información clave que se convierten en posibilidades para resolver el problema de enfoque.
3. **Descubrimiento:** “ejercer la investigación activa y la enseñanza intencional” (Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, 2020). En esta etapa, el docente debe analizar las brechas que los estudiantes pueden tener como habilidad o proceso

y, además, enseñar otras habilidades que desconocen como tal. De esta forma, ampliará el conocimiento de los estudiantes para que puedan encontrar la solución óptima de resolver el problema de enfoque.

4. **Aplicación:** “crear su propia solución o composición para el problema” (Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, 2020). En esta etapa, los estudiantes inician con el desarrollo de la solución utilizando un VANT en conjunto con toda la información recopilada durante su descubrimiento.
5. **Presentación:** “compartir la solución o composición del problema” (Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, 2020). Una vez solucionado el problema, es sumamente importante que el estudiante pueda compartirla para poder recibir retroalimentación por parte del docente y de los estudiantes. Ya que pueden existir múltiples soluciones para el problema de enfoque.
6. **Enlace:** “cerrar el ciclo y reflexionar sobre la retroalimentación compartida” (Instituto de Integración de Arte y *STEAM*, 2020). En esta etapa final, los estudiantes analizan y reflexionan toda la retroalimentación obtenida para poder revisar nuevamente la solución presentada y ver si se puede incluir algunas de las sugerencias dadas a la solución. De esta forma, el estudiante optimizará dicha solución y mejorará su comprensión acerca del tema.

Con base en este enfoque de aprendizaje, se podrá aprovechar todos los conocimientos que puede ofrecer una tecnología tan conocida como el VANT. Gracias a ello, la clase cambiará de una forma típica a una forma más interactiva, que es lo que muchos de los estudiantes están buscando.

2.6. Integración de la dronótica como parte de la educación

2.6.1. La dronótica en la educación superior

La introducción de la dronótica en la educación superior puede provocar un gran impacto en el interés de la comunidad educativa. Tal y como la señora MSc. Yaritzel Ríos Sánchez, ingeniera industrial, profesora de la educación superior y administradora de proyectos en Ingeniería ALTEC de Panamá dijo:

La utilización de esta nueva tecnología, como lo son los drones, motiva y despierta el interés por parte de la comunidad educativa, el interés de involucrarse en este ambiente con miras al futuro, el pensar en introducir nuevas metodologías de enseñanza en las aulas universitarias permitirá un gran avance donde todos seremos beneficiados (Ríos Sánchez, 2018).

Como resultado, esto permitirá que la metodología de la educación actual pueda evolucionar y mejorar hacia otra perspectiva, formando nuevos profesionales idóneos y aptos para enfrentar la tecnología futura.

Al inicio de la aparición de los VANT en el mundo civil, se pensaba que era un dispositivo único y exclusivo para estudiantes de cine y fotografía, sin embargo, esto ha estado cambiando conforme va pasando el tiempo (Ríos Sánchez, 2018).

Según Ríos Sánchez (2017), las instituciones en Europa han estado modificando sus planes de estudio para incorporar los robots y la programación dentro del aprendizaje de los estudiantes. Además, profesores de otros departamentos como Matemáticas, Geografía y Ciencias Naturales también están optando por la incorporación de los VANT como parte de sus enseñanzas. Esto con la finalidad de que las clases puedan ser más interactivas, ya que utiliza herramientas y tecnologías muy llamativas que captan la atención de los estudiantes. Por otra parte, la autora señala que la combinación entre los VANT y el conocimiento de los estudiantes permite la evolución en las carreras como las ingenierías.

Para complementar, los resultados de un estudio sobre el empleo de drones (RPAS) para la elaboración de material audiovisual docente en asignaturas de Ingeniería Civil, realizado por Luis Bañón y Salvador Ivorra (2015), demuestran que estos dispositivos benefician la educación tradicional agregándole versatilidad, calidad, accesibilidad, actualidad y autoría en su aprendizaje.

Gustavo Arencibia, investigador y escritor de la *Revista Electrónica de Veterinaria* en España, indica que uno de los beneficios más grandes que puede tener un estudiante es que, al finalizar con la jornada completa de una carrera, sea una de las mayores

competencias en comparación con otros profesionales y pueda brindar soluciones a un menor costo. Para ello, una de las formas es introduciendo los VANT como parte de la carrera (Arencibia Carballo, 2016).

Ríos Sánchez (2018) comenta la preocupación por agregar la dronótica como parte de la carrera invade muchas instituciones actuales e indica que los VANT son una tecnología sumamente moderna, la cual consideran que aún no es el tiempo para añadirla dentro de los planes de estudio.

Se entiende que podría ser un reto tomar esta iniciativa por parte de las carreras de las universidades, sin embargo, tal y como lo reitera Ríos Sánchez (2018): “Esto también podría ser una oportunidad de formar profesionales capacitados en solventar problemas y brindar soluciones en nuestra provincia en diferentes sectores ya sea salud, agrícola, construcción, turismo”.

Pese a eso, para comenzar, las universidades deben iniciar con el proceso de incorporación de la dronótica y así suplir herramientas necesarias a los estudiantes, además de capacitar a los docentes de los departamentos de informática y de tecnología. De esta forma, despertará la curiosidad y la vocación tecnológica en los docentes. Si así fuese, en un futuro cercano, el país empezará a ver los frutos obtenidos por esta gran iniciativa de la universidad. Con todos estos conocimientos, el estudiante podrá innovar y pensar en proyectos que ayudarán a mitigar problemas de la población.

2.6.2. Aspectos necesarios para la integración de la dronótica

Para implementar e integrar la dronótica como parte de los estudios de la carrera de la universidad, es necesario tener las herramientas adecuadas para llevar a cabo la enseñanza a través de los VANT.

Según Aeracoop (s.f.), una empresa de especialistas en VANT de España que forman estudiantes y profesionales realizando talleres y cursos de estos dispositivos, para la creación y la implementación de un curso como la dronótica, primero, se necesita adecuar el espacio en donde se va a impartir la clase. AlgDe las cuales son:

- Toma de electricidad de 220 V.
- Internet inalámbrico (Wi-Fi).
- Proyector con conexión VGA o HDMI.
- Jaulas para drones con un tamaño mínimo de 7,3m x 3m x 3m para realizar las prácticas de vuelo o un espacio abierto cercano al aula.
- Una computadora por estudiante o al menos una para cada grupo de 3 o 4.

Además, los estudiantes necesitarán tener en sus manos la herramienta principal, que es el VANT. Para ello, pueden utilizar cualquier dron educativo mencionado en el punto 2.3 de esta investigación. O también pueden optar por cualquier otra, pero con los siguientes requerimientos, según el Aeracoop (s.f.):

- Placa de vuelo.
- 4 x motores.
- 4 x hélices.
- Estructura.
- Módulo de bluetooth.
- Batería.
- Cargador de batería.

2.6.3. Conocimientos requeridos para la enseñanza

Según Aeracoop (s.f.), la persona quien imparte el curso de la dronótica debe primero capacitarse en las siguientes áreas para poder llevar a cabo este curso:

- Conocer los componentes básicos y las posibilidades técnicas de un VANT.
- Entender los principios de física y mecánica de la sustentación.
- Entender los sistemas de telecomunicaciones por ondas como el Wi-Fi, 2.4Ghz y Bluetooth.
- Conocer lenguajes de programación como C++, *Python*, *Apple Swift*, *JavaScript*, *Scratch* o programaciones basado en bloques.
- Saber programar una placa de vuelo.
- Saber pilotar un VANT
- Conocer los riesgos y la legislación del país.

- Conocer y respetar las normas de seguridad que estipulan en la Directiva Operacional del país, en este caso sería de la DGAC de Costa Rica.
- Tener entusiasmo para promover la innovación, el arte y la creatividad.
- Comprender el enfoque del aprendizaje de la metodología STEAM.
- Preferiblemente con licencia para pilotar un VANT emitida por la DGAC de Costa Rica.

Como se puede apreciar, son bastantes los requerimientos de los que un docente debe tener para poder impartir el curso de la dronótica. Sin embargo, gracias a estos requisitos, los docentes serán capacitados y sus conocimientos serán actualizados, de esta manera, se les abrirán muchas oportunidades en el mercado laboral y serán tan competitivos como los futuros profesionales.

2.6.4. Conocimientos requeridos para el aprendizaje

Si se analiza detalladamente, todos los cursos que ofrecen en muchos centros de aprendizaje, como el Aeracoop o DJI (creador del VANT *Trello Drone*), son aptos para todo público; lo único que cambia es el nivel de aprendizaje que puede obtener un estudiante, ya sea principiante o avanzado (Aeracoop, s.f. y DJI, 2020). Sin embargo, el estudiante debe tener conocimientos en las siguientes áreas, esto de acuerdo con la información recopilada en Aeracoop (s.f.) y DJI (2020):

- Pensamientos lógicos para programar cualquier lenguaje de programación.
- Conocimientos básicos en sistemas de telecomunicaciones por ondas como el Wi-Fi, 2.4Ghz y *Bluetooth*.

Realmente, no existen muchos requerimientos en las que el estudiante debe tener previo al curso de la dronótica avanzada, porque todos los conceptos se aprenderán durante las clases junto con el docente. Lo único que debe tener el estudiante es el entusiasmo de querer aprender y la motivación para poder crear proyectos innovadores que aportan al país como profesionales.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Investigación descriptiva

Según Danhke (1989), las investigaciones descriptivas buscan especificar las propiedades, las características de grupos, comunidades de personas, procesos descriptivos, objetos o cualquier otra situación que se someta a un análisis. Este tipo de investigación determina o reúne datos sobre diferentes conceptos, aspectos físicos o lógicos, dimensiones o componentes de la característica de investigar. Por lo tanto, un estudio descriptivo, según Hernández, Fernández y Baptista (2006, p. 102), se recopila una serie de situaciones y recolecta información sobre cada una de ellas, esto es lo que se describe como la investigación descriptiva.

La presente investigación describe principalmente las historias, teorías, conceptos o componentes de los VANT, con el fin de analizar en detalle, los beneficios que puede brindar estos dispositivos, junto con la enseñanza en dronótica, al implementarlo en el plan curricular de la carrera de Ingeniería de Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, Sede Central.

Por lo tanto, la investigación es descriptiva, ya que se pretende analizar cada una de las características de los VANT y sus comportamientos o acciones que pueden complementar al plan curricular de la carrera. Además, utilizar la dronótica como base, con el propósito de obtener una combinación entre la robótica y la programación. De esta forma, fomentará en los estudiantes la necesidad del conocimiento de nuevas tecnologías y paradigmas de programación. Adicionalmente, mejorar su capacidad metacognitiva y motivarlos en la innovación.

3.2. Método utilizado

3.2.1. Enfoque cuantitativo y cualitativo

Para esta investigación, se utilizarán tanto el método cuantitativo como el cualitativo. El cuantitativo ayudará a comprobar la hipótesis de la investigación con base en el análisis estadístico y la medición numérica, para encontrar patrones de comportamiento y probar la teoría, tal y como lo menciona Hernández et al. (2006, p. 5). Por otra parte, la búsqueda o la investigación cualitativa, según Hernández et al. (2006), “se fundamentan más en un proceso más inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas). Van de lo particular a lo general” (p. 8).

En otras perspectivas, de acuerdo con Creswell (2005), “los análisis cuantitativos fragmentan los datos en partes para responder al planteamiento del problema. Tales análisis se interpretan a la luz de las predicciones iniciales y de estudios previos”. Por otra parte, según Corbetta (2003), “el enfoque cualitativo evalúa el desarrollo natural de los sucesos, es decir, no hay manipulación ni estimulación con respecto a la realidad”. Por otra parte, según la descripción de Grinnell (1997), este tipo de investigación “a veces referido como investigación naturalista, fenomenológica, interpretativa o etnográfica, es una especie de “paraguas” en el cual se incluye una variedad de concepciones, visiones, técnicas y estudios no cuantitativos”.

Una de las características de la investigación cualitativa, de acuerdo con Hernández et al. (2006) es:

El investigador plantea un problema, pero no sigue un proceso claramente definido. Sus planteamientos no son tan específicos como en el enfoque cuantitativo. Por otra parte, este tipo de investigación se utiliza primordialmente para descubrir y refinar preguntas de investigación (p. 8).

Estos dos enfoques permiten analizar y evaluar aquellos eventos o situaciones que ocurren durante la manipulación de los VANT; para, de esta manera, poder explorar

y describir más allá de esta tecnología y encontrar nuevas herramientas en las que permite complementar el plan curricular de la carrera de Ingeniería de Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica.

3.3. Ámbito de interés y fuentes de información

En esta investigación, es importante identificar la fuente de información en la que se extraerá conceptos y/o características de lo necesario para poder complementar la búsqueda y las afirmaciones. Maranto Rivera (2015) afirma que:

Una fuente de información es todo aquello que nos proporciona datos para reconstruir hechos y las bases de conocimientos. Además, son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. Encontraremos diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda que hagamos (Maranto Rivera, 2015, p. 2).

Por esta razón, para la presente investigación, se utilizará información verídica y validada, tales como las fuentes primarias que ofrecen información original de primera mano y resultado del trabajo intelectual (Maranto Rivera, 2015, p. 2). Según Maranto Rivera (2015), las fuentes de información primarias son “resultado de ideas, conceptos, teoría y resultados de investigaciones. Estas fuentes contienen información directa antes de ser interpretada o evaluada por otra persona” (Maranto Rivera, 2015, p. 3). Y estas fuentes se pueden encontrar en:

Libros, monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, video documentales, foros entre otras (Maranto Rivera, 2015, p. 3).

El ámbito de interés se encuentra en todas aquellas fuentes que definen, comentan o comparten acerca del área de tecnologías enfocadas en los VANT y la dronótica, como parte de la educación, con la finalidad de poder validar, verificar y

explorar todos aquellos conocimientos que deben y pueden estar dentro del plan curricular de la carrera.

3.4. Población

La identificación de la población para esta investigación permite delimitar de forma específica todas aquellas personas que poseen el conocimiento del tema o tienen la capacidad de aportar información coherente para complementar dicha investigación. No obstante, para este tipo de investigación cualitativa, se tendrá una muestra de no menos de 5. Sin embargo, tal como lo menciona Hernández et al. (2006), “en los estudios cualitativos la muestra planteada inicialmente puede ser distinta a la muestra final. Podemos agregar casos que no habíamos contemplado o excluir a otros que sí teníamos en mente” (p. 564). Por lo tanto, la muestra de esta investigación se verá especificada en la siguiente tabla:

Población	Cantidad
Ingenieros Informáticos y electrónicos expertos en drones	2
Profesores de programación de la Universidad Técnica Nacional	7
Estudiantes de segundo año de diplomado y bachillerato	103

Tabla 5 Población

Sin embargo, la muestra señalada anteriormente dependerá de la necesidad que surja durante el proceso de investigación, ya que pueden presentar expertos no contemplados anteriormente para complementar la información ya obtenida.

3.5. Temporalidad y manejo de la información

3.5.1. Entrevistas

Al igual que muchos casos dentro de la investigación, se requiere crear un puente de comunicación entre el investigador y la muestra seleccionada para poder obtener la información adecuada y, de esta forma, seguir con el avance de este. Por ello, las entrevistas son una forma óptima para la recolección de la información que aportan significativamente la información. Tal como lo indicó Janesick (1998), “en la entrevista, a través de las preguntas y respuestas, se logra una comunicación conjunta de significados respecto a un tema”.

Por otra parte, Hernández et al. (2006) también mencionan que “la entrevista cualitativa es más íntima, flexible y abierta” (p. 597). Esto define eventos como reuniones de cambio de información de uno a uno, es decir, entre el entrevistador y el entrevistado. Además, también se pueden realizar entrevistas grupales de uno a muchos, como, por ejemplo, la entrevista a una familia o a un grupo pequeño de personas. Claro está, que se puede entrevistar a cada miembro de la familia, pero quizás, por cuestiones del tema de la investigación, es necesario recolectar información conjunta. Sin embargo, para ser un entrevistador, es sumamente importante tener conocimientos de ello, entender qué logros quiere llegar después de obtener la respuesta y ser disciplinado. Tal como lo explicó Hernández et al. (2006):

Un buen observador cualitativo necesita, para serlo, saber escuchar y utilizar todos los sentidos, poner atención a los detalles, poseer habilidades para descifrar y comprender conductas no verbales, ser reflexivo y disciplinado para escribir anotaciones, así como flexible para cambiar el centro de atención, si es necesario (p. 564).

En esta investigación, se le realizarán entrevistas a los ingenieros informáticos y electrónicos expertos en drones, profesores de la dronótica, funcionario o funcionaria de la Dirección de Recursos Tecnológicos del Ministerio, profesores de programación de la

Universidad Técnica Nacional de Alajuela, Sede Central y a 5 estudiantes de segundo año de diplomado y 5 de bachillerato.

3.6. Matriz metodológica

3.6.1. Primer objetivo

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Operacional			Definición instrumental
				Definición	Indicadores	Medición	
Conocer el proceso de la evolución y el sofisticado diseño de los componentes de los vehículos aéreos no tripulados, estudiando la teoría de los drones, sus características, costos y seguridad, con la finalidad de identificar los aspectos relevantes que ayudan en la	Evolución de los vehículos aéreos no tripulados	Origen, desarrollo y el progreso gradual desde la existencia de los vehículos aéreos no tripulados	Origen y desarrollo	Documentales	2016 - 2020	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Dónde?	Recopilación de datos
					Críticas		
					Procesos		
			Progreso	Reportajes	Explicativo		
					Investigativo		
					Empírico		
	Teoría de los drones	Conocimiento de una serie de conceptos básicos de los tipos de los vehículos aéreos no tripulados	Conocimiento		Métricos		
			Conceptos básicos		Clasificatorios		
					Comparativos		
			Tipos de vehículos aéreos no tripulados		Ala fija	Características	
			Ala rotativa				
	Diseño de los vehículos aéreos no tripulados	Conjunto de elementos aerodinámicos y mecánicos que determina la cualidad de las	Elemento aerodinámico	Placa de control de vuelo	Giroscopio	Grados	
Sensores de altitud y altura					Radio altímetro		
Sensores de variación de altura					Variómetro		

comprensión de estos dispositivos durante su estudio y su aprendizaje		funciones, apariencia y desarrollo cada uno de los tipos de los vehículos aéreos no tripulados			Brújula	Magético			
					Sensor de velocidad	Velocímetro			
					Sensores de posición	GPS			
					Estación de control	Emisor/Receptor de señal		¿Qué? ¿Cómo? ¿Dónde?	
						Control de mandos			
						Alas			
						Tren de aterrizaje			
					Elementos mecánicos	Moto propulsor		Motores	Watt
								Hélices	CM
								Baterías	Marca
	Costos de los vehículos aéreos no tripulados	Costo monetario de cada tipo de vehículos aéreos no tripulados	Costo monetario	Tipos de vehículos aéreos no tripulado	Tiendas	VANT básico	Dólares/Colones	Recopilación de datos	
						Sensores			
						Cámara			
						Aplicación			
						Control remoto			
Batería									
Básico									
Intermedio									
Profesional									
Medidas	Factores	Factores	Eventos	Humanos	¿Qué?	Recopilación			

	de seguridad de los vehículos aéreos no tripulados	que permiten la aplicación de las medidas de seguridad para los conductores de los vehículos aéreo no tripulado	Medidas de seguridad		Ambiental	¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Donde?	de dato
					Mecánico		
				Seguridad de operación	Normas de seguridad		
				Normas de reglamentación	Reglamentación y leyes		
				Recomendaciones	Manual de aviación		

Tabla 6. Primer objetivo matriz metodológica.

3.6.2. Segundo objetivo

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Operacional			Definición instrumental	
				Definición	Indicadores	Medición		
Comprender la integración de la programación y la construcción de los vehículos aéreos no tripulados, utilizando herramientas creadas por las instituciones de robótica y de programación para ilustrar de forma específica, los pasos a seguir para el uso y aprovechamiento del dispositivo.	Integración de la programación	Paradigmas y tipos de lenguajes para el desarrollo de la programación de los vehículos aéreos no tripulados	Paradigmas		Imperativa	¿Qué?	Recopilación de datos o entrevista	
					Funcional	¿Cómo?		
					Lógica	¿Por qué?		
			Tipos de lenguajes de programación		Python	¿Cuándo?		
					JavaScript	¿Dónde?		
	Construcción	Pasos a realizar	Manuales			Técnico	¿Qué?	Recopilación de datos
						Lógico	¿Dónde?	
						Procedimiento	¿Por qué?	
		Componentes necesarios	Motores			Modelos	Marca	Entrevistas a expertos
						Potencia	600 - 1200 KV	
Placa controladora					Modelos	Marca		
					GPS y telemetría			
Distribución de carga energética				Placa NAZA	Versión			
Herramientas		Framework y APIs habilitadas para el desarrollo de la programación	Framework		Middleware	¿Qué?	Recopilación de datos	
					Drivers	¿Cómo?		
	APIs		Servicios Web	¿Por qué?				

		ción de los vehículos aéreos no tripulados			Basados en bibliotecas	¿Dónde?	
					Basados en Clases		
					Funciones en sistemas operativos		
	Uso y beneficios	Usabilidad y el conocimiento de los beneficios adquiridos de los vehículos aéreos no tripulados	Usabilidad de los vehículos aéreos no tripulados	Manuales	Técnico	¿Qué? ¿Dónde?	Recopilación de datos / entrevistas
					Lógico	¿Por qué?	
					Procedimiento	¿Cómo?	
Conocimiento de los beneficios adquiridos de los vehículos aéreos no tripulados	Empírico	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué?					
	Lógico	¿Cuándo? ¿Dónde?					

Tabla 7. Segundo objetivo matriz metodológico.

3.6.3. Tercer objetivo

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Operacional			Definición instrumental
				Definición	Indicadores	Medición	
Analizar los aspectos y requerimientos necesarios para impartir la dronótica como parte del plan	Aspectos para impartir la dronótica	Apariencias, factores, eventos y rasgos que muestran la dronótica	Apariencias y rasgos	Físico	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Dónde?	Recopilación de datos / entrevistas	
				Objetividad			
				Psicológico			
				Explicativo			
			Factores	Humanos			
				Mecánico			

curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica examinando la acción docente actual.					Lógicos						
					Técnicos						
			Eventos	Aprendizajes	Dirección						
					Exploración						
					Creación						
				Colaborativos	Experimentación						
					Trabajo en equipo						
					Integración						
			Dronótica	Robótica	Sociales						
					Drones						
					Internet de las cosas						
				Programación	Sensores						
					Python						
				Enseñanza	JavaScript						
					Deductivo						
					Inductivo						
					Analógico						
			Requerimientos para impartir la dronótica	Necesidades obligatorias para poder impartir la dronótica de forma exitoso	Necesidades			Técnicos	Dron básico	Modelo	Recopilación de datos / entrevistas
									Cámara	Marca	
									Control remoto		
Aplicativo	Versión										

				Conocimientos	Experierimental	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Donde?		
					Pedagógico			
					Tradicional			
					Cognitivo			
					Observacional			
			Dronótica	Robótica	Drones	Modelo		
					Internet de las cosas	Versión		
					Sensores	Marca		
				Programación	Python	Versión		
					JavaScript			
				Enseñanza	Deductivo			
			Inductivo					
			Analógico					
			Plan curricular	Conjunto de factores que gestionan los conocimientos de forma estratégica a los maestros de la institución	Factores		Humanos	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Donde?
							Mecánico	
Lógicos								
Técnicos								
Conocimientos	Experiencial							
	Tradicional							
	Cognitivo							
	Observacional							

			Estrategia		Elaboración		
			Estrategia		Organización		
			Estrategia		Comprensión		
			Estrategia		Apoyo		
	Acción docente	Es la orientación y la inducción que ofrecen los profesores a los estudiantes para ayudarlos en el proceso de desarrollo y aprendizaje	Orientación	Educación	Escolar	Entrevista y recopilación de datos	
Educativa							
Profesional							
Vocacional							
Inducción			Procesos	General			
				Específica			
Proceso de desarrollo			Contexto	Formal			
				Informal			
			Nivel educativo	Superior			
				Post - Universitaria			
Aprendizaje			Tipos	Explícitos			
				Asociativo			
				Significativo			
				Cooperativo			
				Observacional			
				Experimental			

Tabla 8. Tercer objetivo matriz metodológico.

3.6.4. Cuarto objetivo

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Operacional			Definición instrumental
				Definición	Indicadores	Medición	
Proponer una solución curricular para la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional en donde se incluya temas y talleres relevantes para la comprensión y el desarrollo de los vehículos aéreos no tripulados, identificando las herramientas más utilizadas por los desarrolla-	Solución curricular	Es el plan curricular obtenido para la innovación en la carrera	Plan curricular		Lineal	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Dónde?	Recopilación de datos y entrevistas
					Modular		
					Mixto		
			Innovación		Disruptiva		
					Revolucionaria		
					Incremental		
	Temas relevantes	Conjunto de materias que ofrecen información dentro del aprendizaje	Materias		Técnicas		
					Electrónica		
					Programación		
			Información	Fuentes	Primaria		
					Secundaria		
			Aprendizaje	Carácter	Interna		
					Externa		
					Selectiva		
Aprendizaje		Explícitos					
		Asociativo					
		Significativo					
		Cooperativo					

dores de dronótica.				Observacio- nal				
				Experimen- tal				
Talleres relevan- tes	Es una metodología de trabajo que se caracteriza por la investiga- ción, aprendizaje por descubri- miento y el trabajo en equipo		Metodología de trabajo	Inductivo	¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Donde?	Entrevistas y recopilación de datos		
				Deductivo				
				Analítico				
				Sintético				
				Dialécco				
			Aprendizaje	Explícitos				
				Asociativo				
				Significativo				
				Cooperativo				
				Observacio- nal				
			Descubri- miento	Estraté- gias			Inductivo	
							Deductivo	
			La compren- sión de los vehículos aéreos no tripulados	Es la acción de entender y tener claro los conceptos de los vehículos aéreos no tripulados			Entendimiento	Experimen- tal
								Tradicional
Cognitivo								
Observacio- nal								
Conceptos	Metricos							
	Clasificato- rios							

					Comparativos		
Herramientas más utilizadas por desarrolladores	Conjunto de instrumentos de desarrollo más utilizado en el mercado	Instrumento de desarrollo	Tipos de lenguajes de programación	Python	Versión	Entrevistas y recopilación de datos	
				JavaScript			
			Tipos de Framework	Middleware			
				Drivers			
			Tipos de IDE	3D Robotics			
				DJI			
		Arduino Pro					
		Mercado	Ámbito geográfico	Nacional			
				Internacional			
		La dronética	Educación y el aprendizaje entre la robótica utilizando los drones y la programación	Educación	Formal		¿Qué? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Dónde?
					Informal		
				Aprendizaje	Explícitos		
Asociativo							
Cooperativo							
Observacional							
Experimental							
Robótica en los drones	Técnico						
	Electrónico						
	Programación						

Tabla 9. Cuarto objetivo matriz metodológico.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y APORTES

El análisis de la información obtenida de los instrumentos de recolección de datos, tales como las entrevistas, encuestas, búsqueda de información y la observación, se detallan en este capítulo. Dichos instrumentos fueron aplicados a expertos en ingeniería electrónica e informática especializados en VANT, así como a profesores de la Universidad Técnica Nacional, Sede Central, y a los estudiantes de la carrera de Ingeniería del Software, de la misma universidad y sede, quienes han colaborado de forma atenta para realizar esta investigación.

Con base en la información recolectada, se presenta información relevante que muestra el estado de la situación actual respecto de la dronótica. Para ello, se toman en consideración factores como el conocimiento y la experiencia de los expertos, desde el punto de vista de la profesión y la filosofía que tienen. Además, se conoce sobre la evolución de los VANT en el mercado costarricense.

Uno de los instrumentos utilizados fue la entrevista a expertos ingenieros con más de 5 años de experiencia en los VANT. Esto ayuda a comprender mejor este ámbito, en donde se detalla el proceso de la evolución de los dispositivos y el sofisticado diseño de los componentes. Además, gracias a los distintos puntos de vista, se da a conocer aspectos importantes que no se consideraron al principio de la investigación, que permiten la ampliación sobre el tema.

4.1. Vehículos aéreos no tripulados en Costa Rica

“Costa Rica se convirtió en uno de los países más innovadores de América Latina”, dice Cecilia Barría (2019) de BBC Mundo (Barría, C., 2019). También dentro de su artículo menciona una frase que expresó durante una entrevista con Pedro Beirute, quien es el gerente general de la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica, “Que empresas como Microsoft, Intel, Hewlett Packard, Google, Amazon estén en Costa Rica, es gracias al alto nivel educacional de la población, además de la estabilidad social y política” (Barría, 2019).

En consecuencia, la necesidad humana, tal como las psicológicas, educativas, personales, entre otras, sigue creciendo de forma exponencial; es decir, el querer mejorar la calidad de vida de una persona o disminuir los riesgos, ya sea naturales o artificiales, son aún problemas sin solución. Por lo tanto, poco a poco, se empiezan a incorporar los VANT en la vida de las personas, como apoyo directo para las múltiples necesidades descritas de los seres humanos.

4.1.1. Vehículos aéreos no tripulados en el mercado laboral de Costa Rica

Para conocer el mercado laboral de los VANT en Costa Rica, se realizó una entrevista a un ingeniero en electrónica, experto en estos dispositivos, con más de 5 años de experiencia trabajando en Indigo Drones de Costa Rica. Esta empresa se especializa en la resolución de problemas utilizando drones, el entrevistado es el señor Giovanni Brenes.

El señor Brenes explica que “realmente los VANT son dispositivos muy nuevos para Costa Rica” (G. Brenes, comunicación personal, 21 de junio del 2021). No obstante, han solucionado muchos tipos de problemas, un ejemplo en la agricultura. Menciona, además, que ha vivido en carne propia¹ los cambios y las mejoras que han tenido los agricultores. Un ejemplo claro es que apoya a la agricultura en Costa Rica, mediante de fumigación aérea con drones, tal y como lo mencionó Brenda Camarillo (2021) de La República.net. Una de las ventajas que menciona dentro del artículo de la Señora Camarillo es que la aplicación aérea tiene poca deriva de productos químicos durante la fumigación. Además de que tiene grandes beneficios, ya que no envían a personas, para que realicen el trabajo y que se expongan a químicos que dañan su salud.

Además, el señor Brenes enfatiza en que se benefician los trabajadores y se mejora la aplicación de estos químicos en la plantación, pues no se le escapan plantas al VANT. El señor Brenes también comenta que es necesario mejorar y fomentar el uso de los VANT en Costa Rica para aplicaciones civiles, ya que es una tecnología que se

¹ Vivir en carne propia: un modismo adverbial que significa ver o experimentar un evento de forma personal.

puede aprovechar en distintas áreas como en las tecnologías, ingenierías, entre otras. Por lo que recomienda ampliar los planes curriculares de las universidades agregando la dronótica como parte de sus estudios. De esta manera, Brenes considera que el país aumentará de forma exponencial la cantidad de técnicos profesionales en el área de la dronótica, tal y como ocurre en los países de Estados Unidos, China o Canadá, que son países en las que el señor Brenes ha trabajado.

Adicionalmente, el entrevistado agrega que una de las aplicaciones más utilizadas actualmente en los vehículos aéreos no tripulado es la fotogrametría, la cual consiste en crear fotos aéreas de edificios, estructuras o de plantaciones para posteriormente ser analizadas. Según Brenes, esto ayuda a visualizar desde otro punto de vista problemas en las estructuras o de construcción de forma temprana y así evitar problemas futuros.

Por otra parte, el ingeniero informático, Esteban Zúñiga, experto en drones, con más de 10 años de experiencia en el mundo de la robótica, cuenta una experiencia similar, que él desarrolló un proyecto de una aplicación que cuenta la cantidad de plantación real de un campo entero. Esto ayuda al agricultor a identificar las ventas que tendrá en esta cosecha y, de esta forma, ajustarse de forma económica.

Con la información recolectada de estos 2 expertos en el área, se puede entender que, aunque los VANT son muy nuevos en el mercado de Costa Rica, se necesita formar profesionales con conocimiento en esta tecnología, esto ayudará a mejorar la calidad de vida de muchos trabajadores del campo agrícola, creando nuevas aplicaciones que solucionen diversidad de problemas y disminuya el riesgo de ellos. Situación que podría ampliarse hacia otros campos laborales conforme la tecnificación del país avance.

4.1.2. Integración de la dronótica como parte del plan curricular

Para conocer la importancia de la integración del aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, se solicitaron opiniones a los entrevistados con base en su experiencia. Esto para comprender las necesidades curriculares del mercado de la educación superior y comprobar si es fundamental que los estudiantes obtengan conocimiento básico de estos dispositivos antes de exponerse al mercado laboral.

Como se menciona al principio de este capítulo, en la entrevista con Pedro Beirute de Cecilia Barría, Costa Rica es uno de los países más innovadores de América Latina y muchas de las grandes empresas llegaron a ella. (Barría, 2019). Por consiguiente, estas empresas necesitan profesionales innovadores con otro punto de vista para la resolución de problemas.

Esto se puede comprobar con la experiencia del Ing. Giovanni Brenes, donde menciona que podría ser importante la integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera, porque va a tener desarrollo y crecimiento exponencial en el país y Latinoamérica en general, ya que se va a necesitar profesionales preparados para el desarrollo tecnológico en estos dispositivos. Además, expresa que crear o formar ingenieros capacitados para que conozcan nuevas formas de resolución de problemas basado en estas tecnologías ayudaría a que las grandes empresas tomen en cuenta los ingenieros de Costa Rica y, de esta manera, surgirán nuevos nichos de trabajos.

Uno de los ejemplos presentados por el Ing. Brenes es que ahora las municipalidades de Argentina utilizan drones para saber cuánto terreno tiene cada propietario, ya que muchos de ellos declaran una medida incorrecta para evadir impuestos. Por lo tanto, crearon un sistema denominado Monitoreo Estratégico Satelital Integrado (MESI), implementado por la Agencia de Recaudación de Buenos Aires, con el fin de encontrar las anomalías cometidas cuando se declaran los impuestos inmobiliarios tanto en terrenos urbanos como rurales y descubrir terrenos no declarados al fisco, esto según el artículo publicado en El Confidencial Argentino por Teknautas (El

Confidencial, 2014). Por ello, con la facilidad de los drones y con una aplicación desarrollada correctamente, se evitan esas situaciones.

El Ing. Zúñiga explica que, hoy en día, los estudiantes de informática y electrónica deben saber que ya existe un dispositivo que va a brindar soluciones sencillas y fáciles de implementar, soluciones que ayudarán a realizar trabajos que son inalcanzables para un ser humano, tales como tomar medidas de una distancia entre una montaña y otra para la construcción de un puente, por ejemplo, así como llevar alimentos o medicamentos para familias que viven en lugares inaccesibles, buscar personas desaparecidas en las montañas, entre otras actividades más. Por lo tanto, Zúñiga considera que las próximas generaciones de estudiantes necesitan comprender la ciencia de los drones, para en un futuro aplicarlas, pues muchas de las empresas están utilizando este tipo de dispositivos para sus soluciones. Además, está de acuerdo con que la apliquen en el futuro.

Este tipo de criterio debe ser tomado en cuenta para considerar que la integración del aprendizaje de la robótica en conjunto con la programación es de suma importancia; el crecimiento del mercado laboral en este sector aumenta de forma exponencial y es necesario formar profesionales que tengan conocimiento sobre los VANT. De este modo, surgirán nuevos nichos de trabajo en el mercado laboral costarricense.

4.1.3. Consideraciones relevantes

Durante la entrevista con el Ing. Giovanni Brenes, se le consultó sobre el desarrollo de aplicaciones para controlar o volar un VANT. La respuesta del ingeniero fue negativa, al menos en lo que él conoce. No obstante, dio una explicación muy importante, dado que mencionó que el desarrollo de aplicaciones para controlar un VANT se realiza desde antaño. Asimismo, Brenes comenta que actualmente no se desarrollan más aplicaciones, porque la competencia en China es muy fuerte, entonces muchas empresas han desarrollado diferentes aplicaciones o habilidades de los drones conforme se abre el mercado laboral, esto facilita su comercialización. Si una empresa desea

desarrollar aplicaciones para VANT, debe tener a la venta estos dispositivos, lo cual es costoso y, como se mencionó, es un mercado de alta competencia.

Sin embargo, el señor Brenes enfatiza y amplía claramente que no está diciendo que se cierran las puertas a los ingenieros informáticos en el desarrollo de las aplicaciones para los VANT. Aún existen cosas que mejorar e innovar, como drones para predecir inundaciones y para ayudar en el apagado de un incendio, entre otras. Para esto, se necesita agregar particularidades como sensores o diferentes sistemas embebidos que puedan beneficiar la aplicación. Es decir, los ingenieros informáticos aún pueden crear aplicaciones nuevas dependiendo de su utilidad.

Adicionalmente, la dronótica puede generar una nueva realidad hacia profesionales especializados en *software*, la cual es el análisis de los datos recolectados por el dispositivo, es decir, con inteligencia artificial, se puede crear un súper procesador que actúe como un analizador de objetos. Como, por ejemplo, que el dron mismo actúe como un doctor en donde analiza el estado de una plantación e identifique enfermedades en tiempo real y elimine o cure esa enfermedad de forma automática sin que el agricultor esté presente. Este tipo de procesamiento aún no existe en el mercado y se requiere mucho trabajo por parte de los ingenieros de *software*, situación que podría la propuesta de esta investigación apoyar en gran medida.

Al final de la entrevista, Giovanni Brenes comparte que los ingenieros deben tener muy claro que no todo está inventado y no creerles a las personas que dicen lo contrario. Aún falta demasiado, muchas personas piensan que ya llegó el límite, pero, para él, aún no. Adicionalmente, enfatiza que, como ingeniero, siempre tiene que ir pensando “¿qué puede ir mejorando?”, desde lo más sencillo hasta lo más complicado del día a día de las personas.

Finalmente, teniendo en cuenta los puntos anteriores, se debe contemplar las habilidades de análisis y desarrollo de este tipo de aprendizaje, y no conceptualizar que este tiene poco aprendizaje para la carrera, sino ampliar la mentalidad y observar que

realmente se necesita colaboración de un ingeniero de *software*, con el fin de crear un dispositivo capaz de tener un análisis lógico y propio para resolver problemas.

Estas importantes consideraciones hay que tomarlas en cuenta al momento de incorporar la dronótica en el plan curricular, debido a que este tipo de inclusión debe beneficiar al estudiante para que se abran nuevas oportunidades laborales.

4.2. Aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación

Para implementar la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, se debe conocer el estado actual de los estudiantes y de los profesores para la toma de decisiones y analizar si es posible la hipótesis de la investigación. Por ello, se le realizó una encuesta a los estudiantes y profesores de la carrera de Ingeniería del Software en la Universidad Técnica Nacional de Alajuela, Sede Central.

4.2.1. Estudiantes

En total, se recolectó información de 103 estudiantes, quienes colaboraron con la encuesta, con un desglose de 26 (25,2 %) estudiantes de diplomado, 62 (60,2 %) estudiantes de bachillerato y 15 (14,5 %) estudiantes de licenciatura. Tal y como se muestra en el siguiente gráfico:

Nivel académico

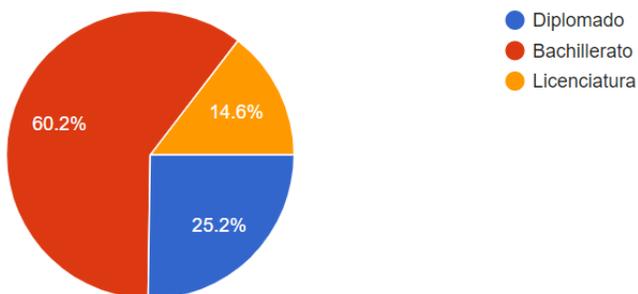


Gráfico 1. Nivel académico de los estudiantes.

De esta población encuestada, el 30,1 % de los estudiantes han escuchado sobre el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, tal y como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

¿Ha escuchado sobre la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación?

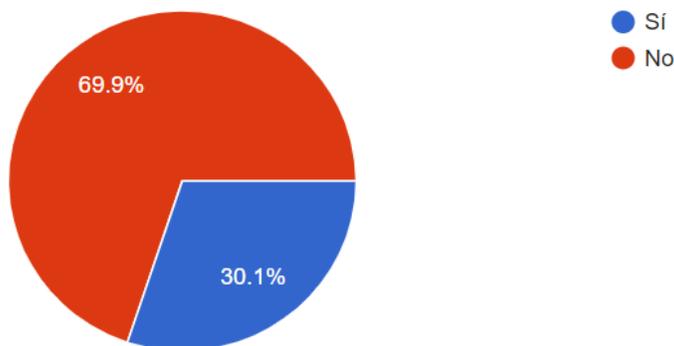


Gráfico 2. Cantidad de estudiantes que han escuchado sobre la dronótica.

Como se puede observar, más de la mitad de los estudiantes no conocen o no han tenido la oportunidad de tener ese acercamiento con el aprendizaje de la robótica, aérea en conjunto con la programación. Realmente, este comportamiento fue esperado desde el inicio de la investigación, ya que se sabe que la dronótica es un concepto relativamente nuevo. Sin embargo, esto también puede ser a causa de que la carrera de

Ingeniería del Software en la Universidad Técnica Nacional está muy enfocada solamente en la parte de programación o desarrollo de aplicaciones webs o móviles, pero no al desarrollo de aplicaciones robóticas. Al integrar la dronótica, puede llegar a cambiar la perspectiva de los estudiantes en el momento que lleguen al mercado laboral. De esta forma, crearán y desarrollarán soluciones únicas que mejorarán la calidad de vida de las personas.

4.2.1.1. Conocimientos requeridos para comprender la dronótica

Antes de que un estudiante reciba el curso de la dronótica, es de suma importancia conocer el nivel de agilidad en programación que tiene cada uno de ellos y también el conocimiento de ciertos lenguajes de programación para poder desarrollar una aplicación que controle un VANT. Por ello, se consulta a los estudiantes durante la encuesta los lenguajes de programación que conocen actualmente, y el resultado se puede contemplar en el siguiente gráfico:

¿Cuáles de los siguientes lenguajes de programación conoce actualmente?

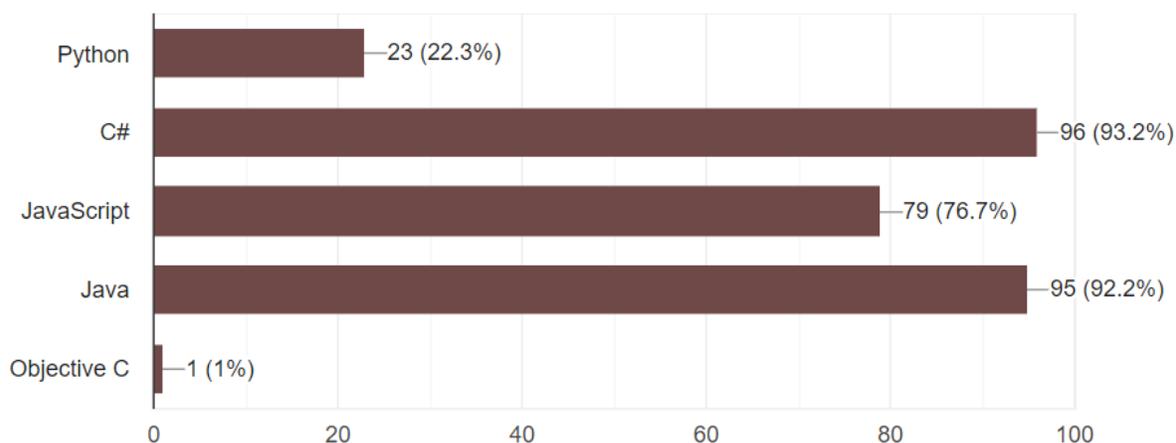


Gráfico 3. Lenguajes de programación con relación a la dronótica.

Los lenguajes de programación listados en la encuesta son relacionados con la dronótica, es decir, lenguajes de programación que se utilizan actualmente para el desarrollo de las aplicaciones de VANT, tal y como se mencionó en el capítulo 1.

El Ing. Giovanni Brenes, durante la entrevista, mencionó que uno de los lenguajes más populares para el desarrollo de aplicaciones o *software* que incorpore VANT es *Python*, con ella se pueden analizar todas estas imágenes o datos obtenidos por el dispositivo y procesarlas para dar a conocer al cliente dónde está localizado el problema real. De nuevo, queda en evidencia la integración de otras áreas de conocimiento informático que bien podría ser elemento de análisis posterior de esta investigación.

A pesar de lo anterior, tal y como se puede observar en el gráfico 2, solo el 22,3 % de los estudiantes encuestados conocen este lenguaje de programación. Esto puede estar ocurriendo, porque este lenguaje no está incorporado dentro de la carrera, por lo que es posible que la mayoría de los estudiantes no tengan el conocimiento de este lenguaje de programación. Lo interesante es que, aun así, existan estudiantes que han tenido contacto con este lenguaje de programación, esto significa que el lenguaje es popular y conocido de alguna u otra forma, ya sea por el trabajo o simplemente el hecho de que el estudiante desea conocer nuevas tendencias en la tecnología y durante la búsqueda ha llegado a este lenguaje de programación. Por lo que se puede valorar nuevamente el análisis de los cursos de programación en la carrera de Ingeniería del Software y considerar la necesidad de agregar *Python* como una nueva tecnología de aprendizaje dentro de la carrera o, al menos, integrarlo como taller extra o alguna otra modalidad.

Por otra parte, es indispensable que el estudiante conozca los fundamentos y los componentes básicos de los VANT, según el señor Brenes. Por lo cual, se preguntó a los 30,1 % de estudiantes que han escuchado sobre la dronótica, si tienen el conocimiento de las partes o componentes básicos de un dron. Estos fueron los resultados:

¿Conoce los componentes básicos para armar un dron?

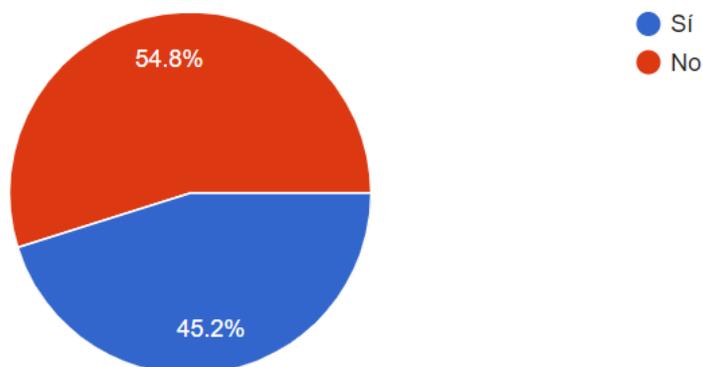


Gráfico 4. Conocimiento de los componentes básicos para construir un dron.

Como se puede observar, de los 30,1 % de los estudiantes que han escuchado sobre la dronótica, más de la mitad de ellos no conoce sobre los componentes básicos de un VANT. Ciertamente, las personas conocen los VANT únicamente como dispositivos de entretenimiento, tal y como crear escenografías desde larga distancia, toma de fotografías desde un punto de vista que un ser humano no puede llegar, entre otras. Por eso, es posible que nunca les haya interesado conocer más allá del concepto de un dron e investigar el verdadero potencial que puede ofrecer este tipo de dispositivo dentro del mercado.

A pesar de lo anterior, tal y como lo muestra el gráfico, no todos desconocen los componentes básicos de un dron; de los entrevistados, el 45,2 % de estudiantes afirman que lo conocen. Dato interesante, ya que se puede considerar que actualmente muchos estudiantes se han estado acercando y conociendo poco a poco esta tecnología. Además, hay que tomar en cuenta que cada vez más drones han estado apareciendo en distintos lugares pilotados por empresas, expertos, o simplemente por fanáticos que les gusta explorar con este nuevo dispositivo. Gracias a esto, lo llegan a ver más personas y les empieza a generar interés.

Debido a lo anterior, para iniciar el desarrollo de aplicaciones con drones, es y será necesario capacitar a los estudiantes sobre este tema, así como realizar demostraciones con diversos tipos de componentes para mostrar las habilidades y señalar las posibles soluciones que pueden obtener con cada uno de los componentes.

Se podría pensar que la propuesta final de esta investigación debe centrarse en el desarrollo de habilidades que permitan el soporte a nivel de *software* de los beneficios que da el *hardware*, para, de esta forma, poder desarrollar una aplicación que pueda utilizar al 100 % la capacidad de un dron.

Por último, para pilotar un VANT, el estudiante debe conocer que existen leyes en Costa Rica que deben respetarse para evitar cualquier tipo de desastre. Para ello, se realizó la siguiente pregunta y estos fueron los resultados:

¿Sabía que existe un reglamento a seguir, en Costa Rica, para poder volar un dron?

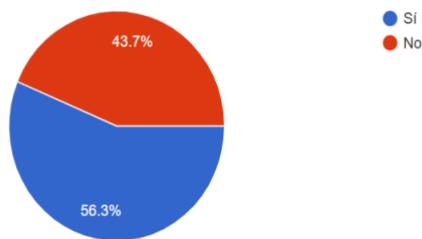


Gráfico 5. Conocimiento de las leyes y los reglamentos que existen en Costa Rica para poder pilotar un VANT.

Como se puede apreciar en el gráfico 5, más de la mitad de los estudiantes encuestados tienen el conocimiento de que necesitan seguir ciertas normas para pilotar un VANT de forma legal. Esto es posible que sea a causa de la información propagada por los vendedores o los expertos en drones. Normalmente, los interesados antes de comprar un VANT consultan los pasos a seguir para realizar la compra, recomendaciones, ventajas, permisos por solicitar para pilotar un dron, solo si es necesario, entre otras.

De igual forma, es importante darles a conocer estos reglamentos durante el curso de la dronótica, ya que también se puede observar que el 43,7 % de los estudiantes encuestados no conocen sobre estas medidas. Actualmente, no se está realizando ninguna publicidad sobre los reglamentos; únicamente se da a conocer cuando el usuario consulta o realiza una investigación por sí mismo o cuando infringe uno de los reglamentos sin tener conciencia, hecho que nadie quiere que ocurra, por lo que, sin importar el nivel académico o de programación, todos deben tener en claro estos reglamentos.

4.2.1.2. Nivel de programación en los estudiantes

Para el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, se necesita tener una base firme del conocimiento lógico y analítico, tal y como lo dijo el Ing. Brenes. Por ello, durante la encuesta con los estudiantes, se le pregunta la cantidad de cursos de programación aprobados actualmente para medir el nivel de programación que tienen cada uno de ellos:

¿Cuántos cursos de programación ha aprobado hasta el momento en la Universidad?

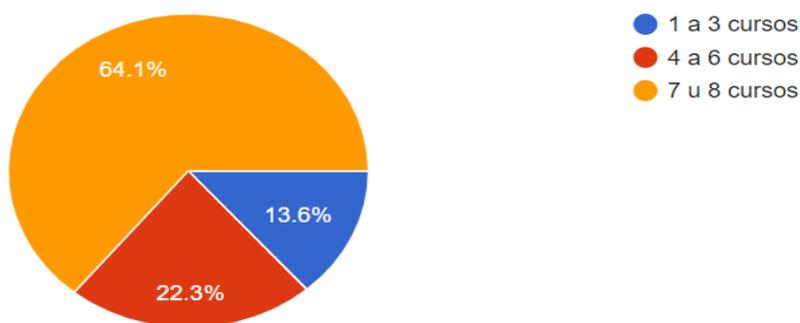


Gráfico 6. Nivel de programación medido por la cantidad de cursos aprobados.

Como la mayoría de los estudiantes encuestados están cursando actualmente bachillerato, era esperado que la mayor parte de ellos hayan aprobado más de 6 cursos de programación.

Para poder entender y desarrollar aplicaciones con drones, es indispensable que el estudiante conozca al menos el lenguaje de programación *JavaScript*, tal y como lo enfatizó el Ing. Esteban Zúñiga. Por lo que se sabe que el estudiante debe llegar hasta el curso de Diseño de Aplicaciones Web de la carrera de Ingeniería del Software, cuarto curso de programación de la carrera, para poder empezar a conocer sobre el desarrollo de aplicaciones incorporando VANT.

Por lo tanto, analizando el gráfico anterior, el 83,4 % de los estudiantes encuestados pueden y tienen ya el conocimiento suficiente para asistir al curso de la dronótica. Esto solamente fue un resultado con los estudiantes encuestados, pero, si se analiza ampliamente, se puede considerar que gran parte de la población muestral de estudiantes de Ingeniería del Software tienen la capacidad suficiente para llevar el curso del aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, debido a que, como se mencionó, todo estudiante con los primeros cuatro cursos de programación aprobados, son aptos para iniciar con el aprendizaje en la dronótica.

4.2.1.3. Experiencia en la dronótica

Sobre la experiencia en el aprendizaje de la robótica en conjunto con la programación, se realizó una sección especial en donde solo los estudiantes que conozcan o que han escuchado sobre la dronótica pueden contestar. Es decir, tal y como lo muestra el gráfico 2, solo el 30,1 %, que vienen siendo 31 estudiantes encuestados, entraron a esta sección, y de estos 31 estudiantes solo 4 estudiantes han creado algún proyecto o aplicación programada que involucre un dron:

¿Ha creado algún proyecto o aplicación programada que involucre un dron?

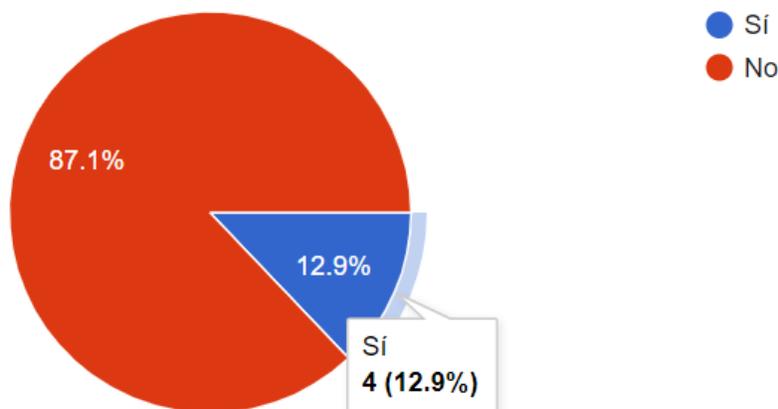


Gráfico 7. Cantidad de estudiantes encuestados que han desarrollado una aplicación que involucre un dron.

Con base en este resultado, se podría comprobar que los ingenieros entrevistados, Esteban Zúñiga y Giovanni Brenes, están en lo correcto. Este concepto es realmente muy nuevo para Costa Rica y necesita profesionales para empezar a innovar con este tipo de dispositivo.

Ciertamente, se puede entender que el desarrollo de aplicaciones para drones no es muy común aquí en Costa Rica; sin embargo, la innovación es seguir buscando ideas para la solución de problemas, o mejorar lo existente. Por lo que la educación superior debería actualizarse de forma continua para ponerse al día con el constante cambio y la evolución de la tecnología. Solo de esta forma el estudiante podría estar preparado para enfrentarse al mercado laboral sin preocupaciones.

La siguiente pregunta realizada a los estudiantes es sobre los conocimientos de herramientas como los marcos de trabajos (*framework*) o alguna comunicación *API* que se puede desarrollar para controlar un dron:

¿Conoce algún marco de trabajo (*framework*) o *API* que pueda ser utilizado en una aplicación para controlar un dron?

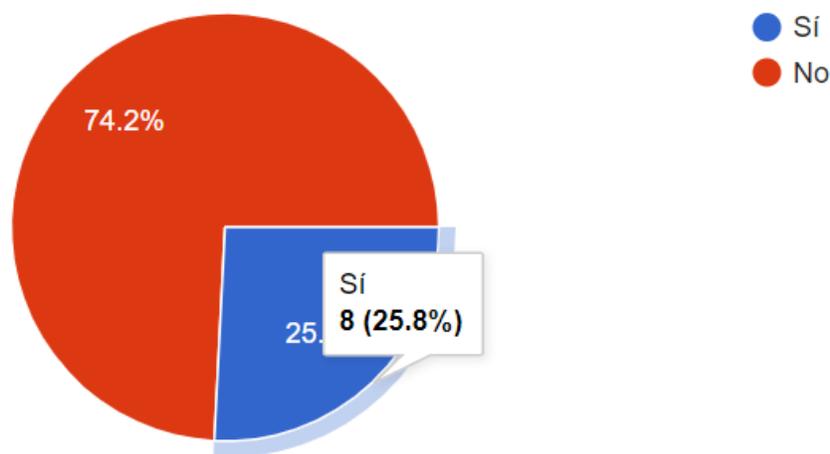


Gráfico 8. Conocimiento de herramientas como los marcos de trabajos o *API* para el desarrollo de un dron.

Como se puede apreciar, de los 31 estudiantes encuestados, solo 8 estudiantes conocen al menos un marco de trabajo o *API* para la conexión entre la aplicación con el dron. Lo interesante de este resultado es que en el gráfico anterior (número 7) se muestra que únicamente 4 de estos 8 estudiantes pusieron en práctica estas herramientas para desarrollar una aplicación. Es decir, solo tienen el conocimiento, pero no la experiencia, lo cual es algo que se debe mejorar dentro del plan curricular de la carrera para ampliar sus conocimientos y experiencias en el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación.

Realmente, esto puede ser un resultado esperado, ya que, para poder crear o desarrollar una aplicación para los VANT utilizando alguna librería o *API*, es recomendable comprar uno de estos dispositivos para realizar pruebas. Sin embargo, como lo menciona el señor Brenes, existen aplicaciones para simular el vuelo de un dron, por lo que el desarrollador puede optar por una de estas aplicaciones y sin crear una aplicación, utilizando alguna librería sin ningún tipo de problema. No obstante, puede que la simulación de una aplicación no sea igual que realizar una prueba real con uno de estos dispositivos, ya que, analizando lo investigado, un estudiante necesita comprender

el balance de un dron, algo que no se va a poder apreciar en una simulación de vuelo. Por lo tanto, esto puede ser una de las razones por la que pocos estudiantes conocen de estas librerías o API, para desarrollar aplicaciones para drones por motivos económicos, o por falta de materiales o espacio.

Para los estudiantes que no tuvieron contacto u oportunidad de conocer sobre el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, se les preguntó si les gustaría conocer más sobre este tema y estos fueron los resultados:

¿Le gustaría poder conocer más sobre el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación?

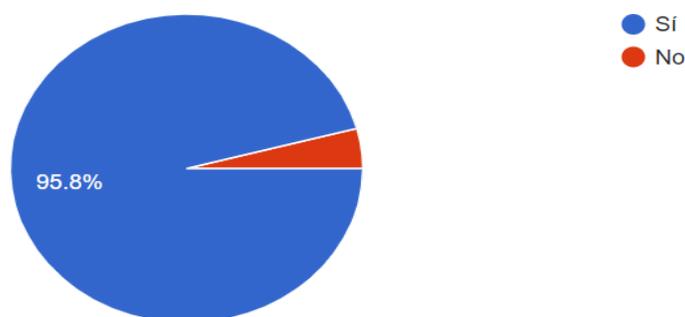


Gráfico 9. Oportunidad de acercarse al aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación.

Como se puede observar, el 95,8 % de 72 estudiantes encuestados que no conocían la dronótica tienen interés en comprender más sobre estos dispositivos y, de esta forma, crear soluciones innovadoras que impacten el mercado laboral de Costa Rica.

Al principio de la investigación, se esperaba que el 100 % de los estudiantes que no han tenido la oportunidad de conocer sobre el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación les gustara comprender más sobre ello. Sin embargo, es interesante saber que diera como resultado un 4,2 % de estudiantes no les interesa en absoluto este tipo de aprendizaje. Verdaderamente, el enfoque de todos los estudiantes es diferente y la especialización que desean con la tecnología es distinta también, por lo

que es imposible que todos tengan los mismos gustos. Sin embargo, aunque el estudiante no le interese este tema, es importante que, por lo menos, tengan un acercamiento a la dronótica, ya que esto puede tal vez despertar su interés o simplemente plantar una semilla de la dronótica en sus conocimientos, por sí en un futuro de la carrera profesional se tope con este tipo de tema.

Adicionalmente, se preguntó a estos 72 estudiantes que no conocían la dronótica, si sabían que los VANT se utilizan en diversas y grandes empresas del mundo en la actualidad y estos fueron los resultados:

¿Sabía que los drones actualmente se utilizan mucho en diversas y grandes empresas del mundo?

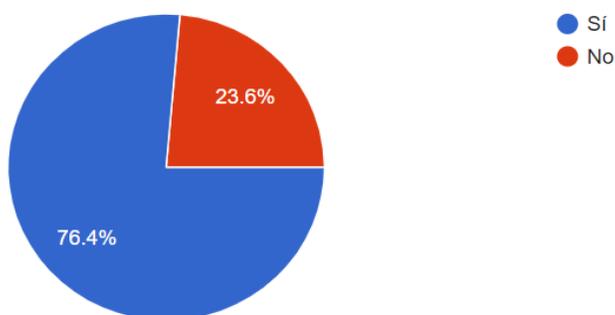


Gráfico 10. Conocimiento de la situación actual con los VANT.

Como se puede observar, de los 72 estudiantes, el 76,4 % de ellos, se han percatado de que los VANT están siendo utilizado en distintos ámbitos, funciones o trabajos en grandes empresas del mundo. Esto porque ha salido mucho en las noticias, artículos o en internet la forma cómo utilizan estos tipos de dispositivos. Uno de los grandes ejemplos es Amazon, tal y como se menciona en las noticias El Mundo:

Estados Unidos autoriza a Amazon a utilizar drones para entregar paquetes; en los últimos tiempos Amazon ha realizado enormes inversiones en una red logística que le permita entregar rápidamente por medio de drones los productos adquiridos por sus clientes a través de la red Prime Air (El Mundo, 2020).

Con esto, se puede entender que, aunque los estudiantes no conozcan la dronótica, ya saben que estos dispositivos han estado en el mercado laboral por bastante tiempo, pero nunca han tenido contacto con ello. Por lo que se podría suponer que es necesario dar a conocer la verdadera evolución de los VANT durante el aprendizaje de la dronótica. Esto con el fin de que los estudiantes observen el potencial que tienen estos dispositivos para la resolución de problemas.

4.2.2. Profesores

Para esta sección de profesores, únicamente se pudo recolectar la información de 7 docentes con experiencia en la programación de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional, Sede Central. Con base en esta información, se logra analizar los conocimientos y experiencias de los profesores para capacitar e impartir el curso de la dronótica como parte del plan curricular de la carrera. Además, conocer si tienen interés de integrar y de impartir el curso dentro de la carrera.

Esto es sumamente importante, ya que, si se realiza la integración de la dronótica, la responsabilidad más grande lo tienen los profesores de programación en la carrera; ya que necesitan tiempo para ser capacitados en el tema y planear las actividades necesarias para llevar a cabo este curso, lograr el objetivo de que el estudiante comprenda y aplique los conceptos básicos de la dronótica, sus beneficios y, finalmente, desarrolle una o varias aplicaciones con un dron integrado.

De estos 7 profesores entrevistados, todos se han desempeñado como docente en el nivel académico de diplomado, 4 en bachillerato, y solo 1 en licenciatura:

Nivel(es) académico(s) en la que se ha desempeñado como profesor

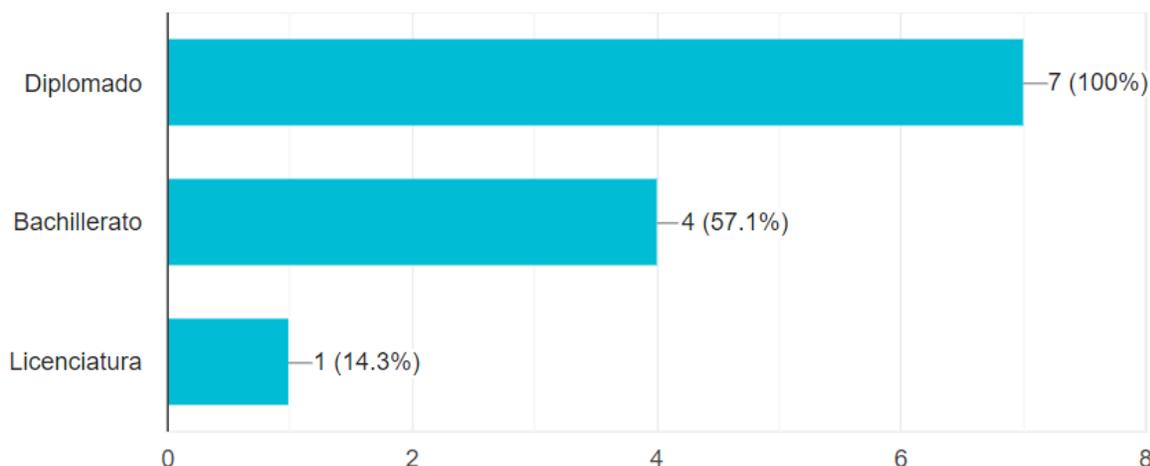


Gráfico 11. Nivel académico desempeñado por el profesor.

Con este dato, se puede observar que la mayoría de los profesores tienen experiencia en el desempeño como docente en diplomado, lo cual es excelente, pues, con los resultados vistos, el curso de la dronótica puede ser implementado a mediados de diplomado, es decir, después de haber llevado el curso de programación Diseño de aplicaciones Web.

Este análisis es importante, ya que es necesario conocer el nivel de experiencia de los docentes en el nivel académico y de esta forma identificar si los profesores encuestados tienen la capacidad de impartir el curso. Viendo el gráfico anterior, el 100 % de los profesores han tenido la experiencia de impartir cursos de programación en diplomado, por lo es apto para suponer que tienen el conocimiento suficiente para impartir la dronótica. Lo anterior debido a que, como se mencionó, la dronótica puede ser impartida después del cuarto curso de programación.

Además, se analizó la cantidad de años de experiencia como docente y en el área de la disciplina en la universidad para complementar la sección de beneficios de esta investigación. De esta forma, se podrá conocer si los docentes son aptos para impartir la dronótica con base en sus experiencias.

¿Cuántos años de experiencia tienen en docencia universitaria?

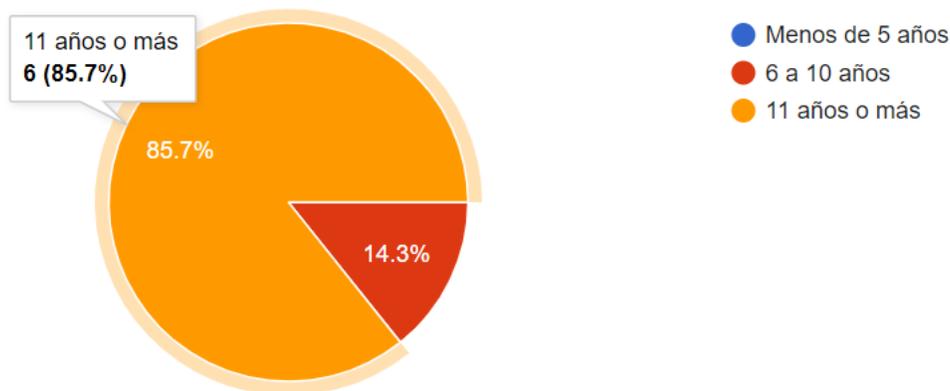


Gráfico 12. Años de experiencia en la docencia universitaria.

Tal y como se puede apreciar, el 85,7 % de los profesores encuestados tienen 11 o más años de experiencia en la docencia universitaria, es decir, tienen el *expertise* de cómo agregar un nuevo concepto al repertorio de conocimientos de los estudiantes. Por lo que podrían establecer ideas claras y concretas para integrar la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software con base en sus experiencias.

Por otro lado, el 14,3 % de los profesores que tienen de 6 a 10 años de experiencia en docencia universitaria, pueden apoyar con conocimiento de las nuevas tecnologías o herramientas que complementen la dronótica, tal y como los nuevos lenguajes de programación, como *Python*, herramientas de comunicación de dispositivos, entre otras.

Por consiguiente, se necesita el sustento de todos los profesores para llevar a cabo la integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera, ya que cada uno de ellos ofrecen ideas y experiencias distintas que ayudarán a cubrir las necesidades de los estudiantes, tanto el aprendizaje lógico como el tecnicismo, como lo mencionó el señor Brenes.

Como segundo punto del análisis, el 71,4 % de los profesores encuestados tienen experiencia no solo como docente, sino también en la disciplina:

¿Cuántos años de experiencia tiene en el área de la disciplina?

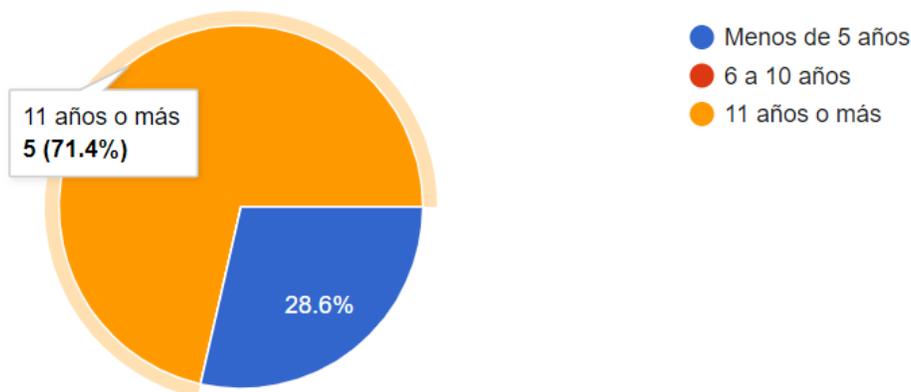


Gráfico 13. Años de experiencia en la disciplina.

Tanto la experiencia obtenida en el área de docencia universitaria como la desarrollada en el área disciplinar son importantes, ya que reflejan la capacidad de planificar y enseñar temas nunca vistos y transmitir todo este conocimiento a los estudiantes.

En el gráfico anterior (13), puede mostrar lo capaces que son los docentes para iniciar un nuevo curso en la universidad, pues realmente, aparte de los conocimientos técnicos que tiene cada uno de ellos, es fundamental la experiencia en el área de la disciplina. Esto refleja que el docente tiene la capacidad suficiente de discernir, analizar, planificar y preparar una nueva clase que se adapte a los estudiantes. Esto porque cada grupo tiene su comportamiento, conocimiento y pensamiento lógico, es decir, cada grupo de estudiantes es distinto y debe ser impartido de forma diferente y adaptado.

4.2.2.1. Experiencia en los tipos de lenguajes de programación

Sobre la experiencia en los tipos de lenguajes de programación, se les consulta a los profesores si conocen los lenguajes de programación *Python*, *C#*, *JavaScript*, *Java* y *Objective C*, y estos fueron los resultados:

¿Cuáles de los siguientes lenguajes de programación conoce actualmente?

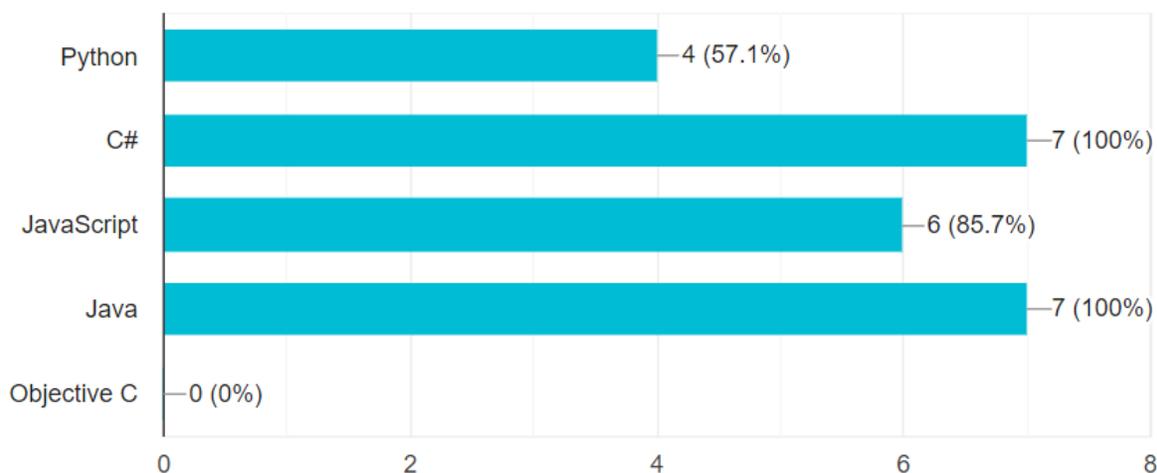


Gráfico 14. Conocimiento de los tipos de lenguaje de programación.

Como se puede apreciar, *Python* sigue siendo uno de los lenguajes de programación menos experimentados por los profesores aparte del *Objective C* que ninguno de ellos lo conocen.

Una de las posibles razones es que la universidad no esté impartiendo el lenguaje de programación *Python* en ninguno de los cursos de programación. No obstante, a pesar de esta situación, es interesante ver que, de igual forma, existen profesores que tengan el conocimiento acerca de este lenguaje de programación. Tal y como lo mencionó el señor Brenes, *Python* es uno de los lenguajes de programación más utilizados en la robótica.

Por lo tanto, es necesario capacitar a los profesores en *Python* para que tengan una enseñanza fluida y segura durante la transmisión de conocimientos a los estudiantes. Sin embargo, se puede observar que muchos de los profesores conocen *JavaScript*, por lo que también se podrá impartir la dronótica con este tipo de lenguaje de programación.

Ciertamente, se ve más reflejado *Python* como lenguaje de programación en la dronótica, sin embargo, *JavaScript* es un lenguaje bastante utilizado también en el mundo de la robótica, según el señor Brenes. Por lo tanto, se puede aprovechar el cuarto curso de la programación de la carrera para impartir la dronótica e iniciar con la creación de aplicaciones para los VANT.

4.2.2.2. Experiencias en la dronótica

Para conocer el nivel de experiencia de los profesores en la dronótica, se les consultó si han escuchado o si han tenido contacto con el aprendizaje de la robótica, aérea en conjunto con la programación, y estos fueron los resultados:

¿Ha escuchado sobre la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación?

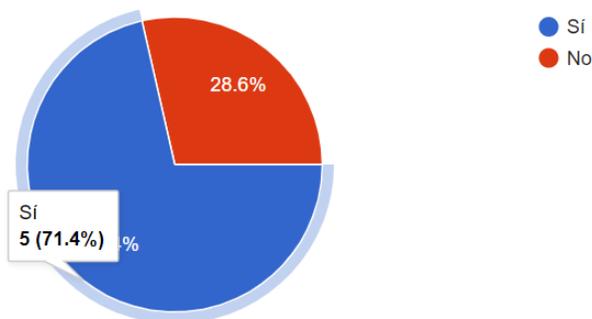


Gráfico 15. Experiencia de los profesores en la dronótica.

En el gráfico anterior, el 71,4 % (5) de los profesores encuestados conocen y han escuchado sobre la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la

programación. Esto puede ser beneficioso, ya que varios docentes han escuchado del tema y se les facilitará bastante durante la capacitación.

Por otra parte, se les interrogó a los 5 profesores que han escuchado sobre la dronótica (gráfico 15) si han creado un proyecto o aplicación programada que involucre un VANT. Los resultados fueron que el 100 % de ellos no han desarrollado ningún proyecto tanto profesional como personal. Esto puede ocurrir por distintos factores, así como el factor económico. Sin embargo, se sabe que existen aplicaciones que simulan la ejecución de un *software* para el dispositivo, pero, de igual forma, se recomienda la compra de un equipo especializado (dron) para el estudio, con el fin de aprovechar al máximo sus capacidades.

El conocimiento del marco de trabajo o *APIs* para VANT podría ser beneficioso para los docentes, mas su falta no es elemento en discusión. Puede que los docentes estén interesados en el desarrollo de una aplicación, pero, como se requiere de recursos económicos, espaciales y tecnológicos, entre otras, no han podido. Por lo tanto, si se logra integrar este curso a la carrera, tanto los docentes como los estudiantes tendrán la oportunidad para desarrollar estas aplicaciones y, posteriormente, crear proyectos innovadores. Sin embargo, de estos 5 profesores que han escuchado sobre la dronótica, 3 conocen los componentes básicos para armar un VANT, tal y como se refleja en el siguiente gráfico:

¿Conoce los componentes básicos para armar un dron?

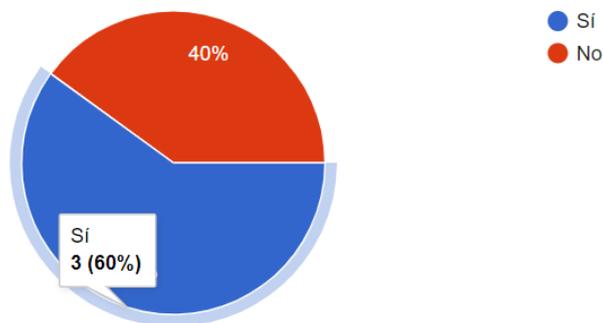


Gráfico 16. Conocimientos básicos para armar un dron.

Se puede observar también en el gráfico anterior que el 40 % de los docentes no conoce sobre los componentes básicos para armar un dron. Realmente no es raro que haya docentes que no conozcan sobre los componentes básicos para armar un dron, por lo que no existe la necesidad de preocuparse con este dato ya que se podría cubrir desde la capacitación a todos los docentes antes de impartir el curso. De esta manera, estarían listos para transmitir y difundir este tipo de conocimiento.

Finalmente, para los profesores que no han escuchado sobre la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, los cuales son solo 2 profesores de 7, se les preguntó si les gustaría conocer más sobre este tema y también si tenían en su conocimiento de la situación actual de los VANT en el mercado laboral y el resultado fue el mismo, ambos opinaron que sí les gustaría conocer más sobre el tema y también conocen claramente la situación actual de la tecnología, ya que todos los profesores entienden que en esta profesión siempre hay que actualizar el conocimiento que tiene una persona con las tecnologías, para poder innovar con nuevas soluciones.

Por consiguiente, se puede observar que es necesario capacitar a los profesores de programación para que puedan impartir el curso de la dronótica, pues ninguno ha creado o desarrollado una aplicación que involucre un VANT. No obstante, se puede ver el entusiasmo de los profesores que desean conocer más sobre el tema.

Otro punto importante es saber si los profesores tienen conocimiento de los reglamentos a seguir para poder pilotar un dron. Y su respuesta fue del 100 % (7) de los profesores conocen ya acerca de la ley o normas que regulan estos tipos de dispositivos.

Esto puede reflejar la importancia de conocer los reglamentos y normas a seguir para poder volar un dron, ya que puede prevenir todo tipo de accidentes. También puede reflejar que saben que existe una legislación, lo cual es fundamental para volar un dron en ciertos espacios, puesto que este tipo de actividad se ve peligroso, si se pierde el control del dispositivo.

Para la dronótica, al parecer, solo a 2 de los 7 profesores encuestados les gustaría totalmente incorporar la dronótica como tema en la carrera de Ingeniería del Software. Y 5 de ellas no les gusta ni tampoco les disgusta, simplemente está en un punto medio, tal y como se refleja abajo en el gráfico 17. Eso puede estar ocurriendo, porque tal vez los docentes encuentran la dronótica como un concepto no tan importante por muchas razones, puede ser por la escasez de los nichos de trabajo en Costa Rica, escasez de recursos económicos en la universidad, o tal vez no encuentren la dronótica como parte del Ingeniería del Software, sino más como una Ingeniería Electrónica.

Este último punto es controversial. Construir un dron desde cero, armar los circuitos correspondientes para que el dron se balancee correctamente cuando alza el vuelo, son conceptos de física y electrónica. Sin embargo, esto puede ser un pensamiento erróneo, ya que, según el señor Brenes, se necesitan muchos ingenieros de *software* para poder desarrollar un sistema inteligente que pueda procesar todas las imágenes capturadas por el dispositivo. Esto no solo se aplica para drones, en un futuro muchas empresas robóticas requerirán de ingenieros de *software* que conozcan del tema para el desarrollo de aplicaciones que le den la inteligencia al robot, un concepto conocido como Inteligencia Artificial. Por lo que la dronótica ayudará a los estudiantes tener esas bases necesarias para poder enfrentar firmemente el mercado laboral de Costa Rica en el futuro.

¿Qué tanto le gustaría que la dronótica se incorpore como tema en la carrera de Ingeniería del Software?

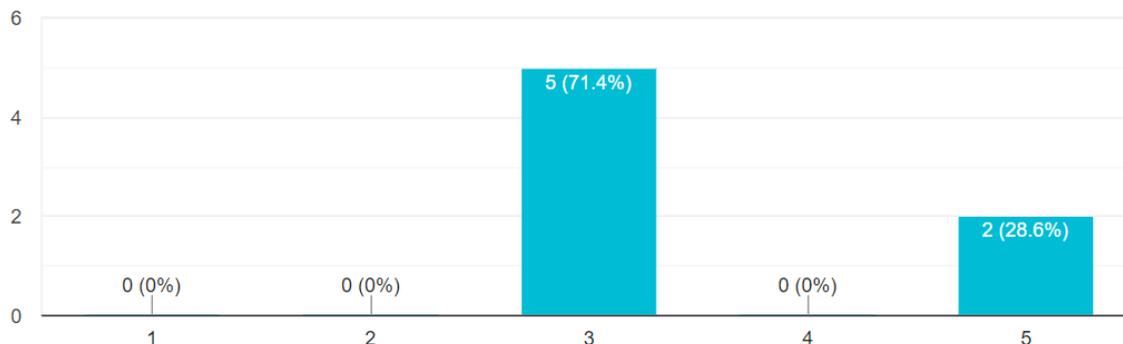


Gráfico 17. Incorporación de la dronótica como tema en la carrera de ISW.

Al final de la encuesta, se les preguntó a todos los profesores encuestados si estarían dispuestos o dispuestas a recibir una capacitación de la dronótica para impartir el curso en la universidad y el resultado fue que todos los profesores están dispuestos a recibir una capacitación exhaustiva de la dronótica para impartir el curso en la universidad. De esta forma, los profesores y los estudiantes aprenderán los conceptos básicos de la dronótica y, finalmente, podrán crear una solución a un problema e innovar para que el mercado laboral de Costa Rica pueda crecer de forma exponencial, tal y como lo dijo Ing. Giovanni Brenes al principio de este capítulo.

4.2.3. Beneficios

Esta sección de beneficios se dividirá en 2 partes importantes: los beneficios que pueden obtener los estudiantes en la dronótica y los beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología.

Para extraer los beneficios en la dronótica, fueron entrevistados los profesores que conocen y que han escuchado sobre este tema (5 profesores en total) y, en lo que respecta a los beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología, fueron encuestados por los profesores que no conocían del tema (2 profesores en total).

Para ello, se mide el nivel de acuerdo y desacuerdo de las afirmaciones brindadas durante la encuesta. Siendo 5 totalmente de acuerdo y 1 totalmente en desacuerdo.

4.2.3.1. Beneficios de la dronótica

La primera afirmación brindada en la encuesta es saber si los profesores están de acuerdo o en desacuerdo sobre si la dronótica puede llegar a aumentar la motivación de los estudiantes, ya que es una tecnología nueva que incentiva el querer tener más conocimiento sobre ella, tal y como se puede mostrar en el siguiente gráfico:

La dronótica puede llegar a aumentar la motivación de los estudiantes, ya que es una tecnología nueva que incentiva el querer tener más conocimiento sobre ella.

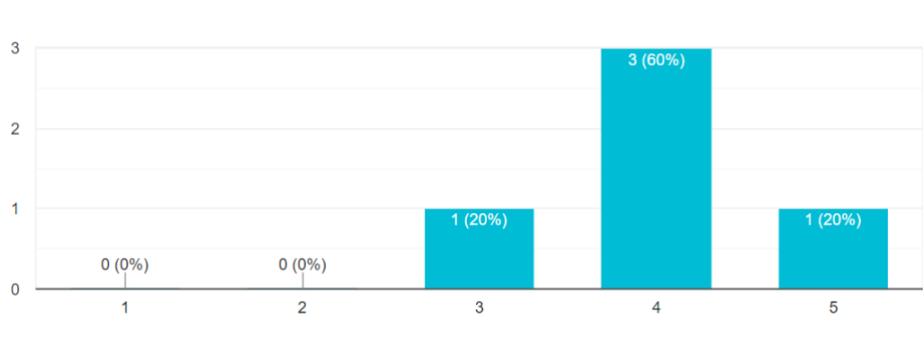


Gráfico 18. Aumentar la motivación de los estudiantes.

Se puede apreciar que 3 de 5 profesores están de acuerdo con que los estudiantes pueden llegar a aumentar esa motivación. Con respecto al beneficio anterior, es esperada esta posición de la mayoría de los profesores. Realmente, cualquier tecnología nueva motiva a los estudiantes a crear e innovar distintas soluciones que ayudan a la sociedad. Por lo que es bueno que los estudiantes tengan la base necesaria para confrontar el futuro mercado laboral de Costa Rica, ya que este tema de los drones es utilizado en muchas empresas, y muchas ya están utilizando estos dispositivos en Costa Rica, sin embargo, como lo mencionó el señor Brenes, actualmente no existen ingenieros de *software* capacitados para trabajar con esta tecnología, por lo que fueron obligados a capacitarse durante el trabajo.

El segundo beneficio afirma que la dronótica puede llegar a incrementar la capacidad de concentración del tema, 3 de 5 profesores están en un punto neutro, es decir, no están ni de acuerdo ni en desacuerdo y 2 de ellos están totalmente de acuerdo con la afirmación, tal y como se muestra a continuación:

La dronótica puede llegar a incrementar la capacidad de concentración del tema

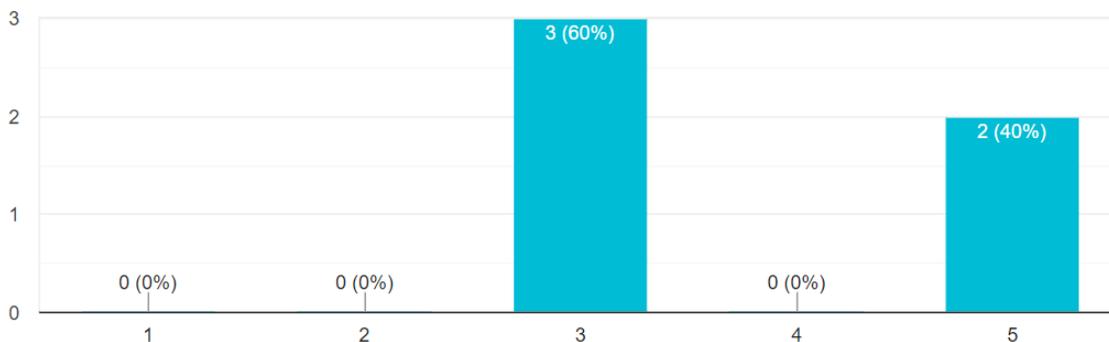


Gráfico 19. Incrementar la capacidad de concentración de los estudiantes.

En el gráfico anterior, se puede apreciar que cualquier tipo de tema brindada al estudiante podría incrementar la capacidad de concentración del estudiante, todo esto depende de él o de ella si tiene interés con el tema.

La concentración y el interés del tema es sumamente importante para el estudiante, ya que solo de esta forma el estudiante aprende los conocimientos dados por el o la profesora. Sin embargo, como lo muestra en el gráfico 19, 3 de los 5 docentes no están ni de acuerdo ni en desacuerdo, esto significa que, desde su punto de vista, la dronótica puede llegar a incrementar la capacidad de concentración, pero el hecho de que el plan curricular esté mal planificado o los temas establecidos son muy sencillos para el estudiante podrían también impedirlo. Sin embargo, es importante saber que la dronótica tiene más temas prácticos que teóricos, algo que a la mayoría de los estudiantes no les gusta, pero no se pueden dejar de lado; y, gracias a lo práctico, puede que el estudiante le interese más participar.

La tercera afirmación habla sobre si la dronótica puede llegar a ayudar en el desarrollo de la motricidad y la concentración, y estos fueron los resultados:

La dronótica puede llegar a ayudar en el desarrollo de la motricidad y la coordinación

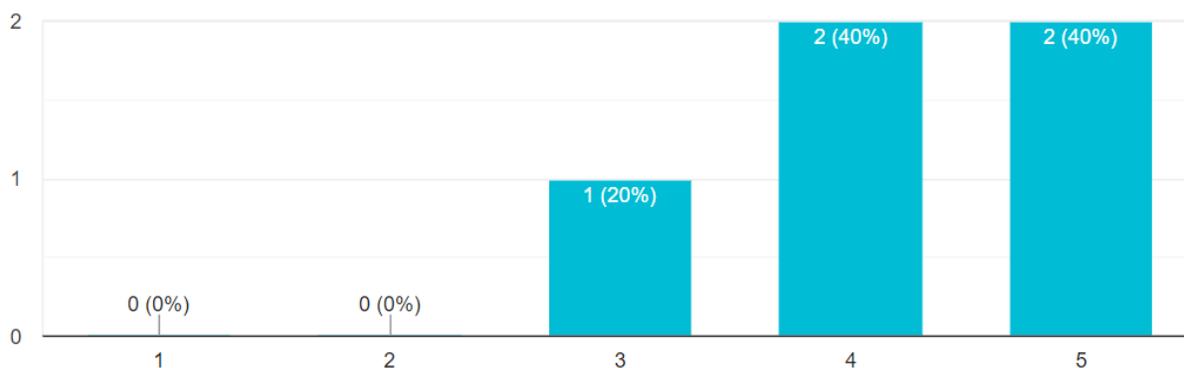


Gráfico 20. Ayudar en el desarrollo de la motricidad y la coordinación del estudiante.

El resultado anterior es parejo, pero la mayoría de los profesores están de acuerdo o totalmente de acuerdo con que la dronótica puede ofrecer esa ayuda extra para desarrollar estos tipos de habilidades blandas que comenzarán a dar frutos durante la experiencia laboral del estudiante.

El desarrollo de la motricidad y la coordinación es relevante para cualquier ingeniero de *software*, porque también puede desarrollar la capacidad del pensamiento lógico de los estudiantes, entender el problema y dar una solución sencilla y lógica que pueda ayudar a solventar ese problema. Por lo que se esperaba que los docentes estuvieran de acuerdo con este punto.

El cuarto beneficio es afirmar si la dronótica puede llegar a favorecer el pensamiento lógico (gráfico 21), por lo que 3 de 5 profesores están totalmente de acuerdo con que mejoran e incentivan el pensamiento lógico. Dato importante, ya que, en puntos anteriores, el ingeniero Giovanni Brenes menciona que los estudiantes necesitan desarrollar la capacidad lógica para poder innovar con estos tipos de dispositivos:

La dronótica puede llegar a favorecer el pensamiento lógico

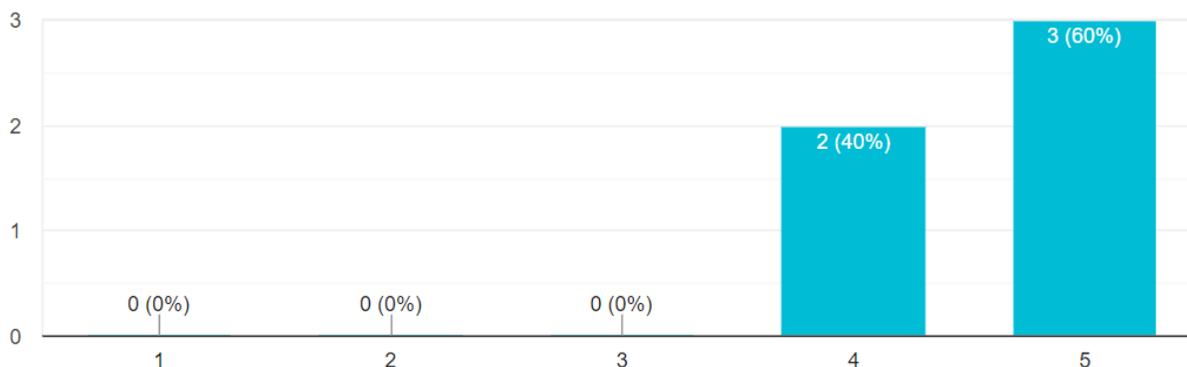


Gráfico 21. Favorece el pensamiento lógico del estudiante.

El pensamiento lógico ayuda a que el estudiante piense de forma abstracta y solucione el problema de forma única y segura. Por lo que fue esperado que los profesores estuvieran de acuerdo con este beneficio, pues la principal función que los ingenieros de *software* tienen es pensar de forma lógica cada una de las soluciones para vender un mejor producto en la empresa donde esté ejerciendo.

Por último, se consulta a los profesores si la dronótica puede llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas (gráfico 28). Ante ello, 3 de 5 profesores están totalmente de acuerdo con que este curso puede llegar a motivar la innovación para solución de problemas o de creación de nuevas aplicaciones, incorporando un VANT:

La dronótica puede llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas

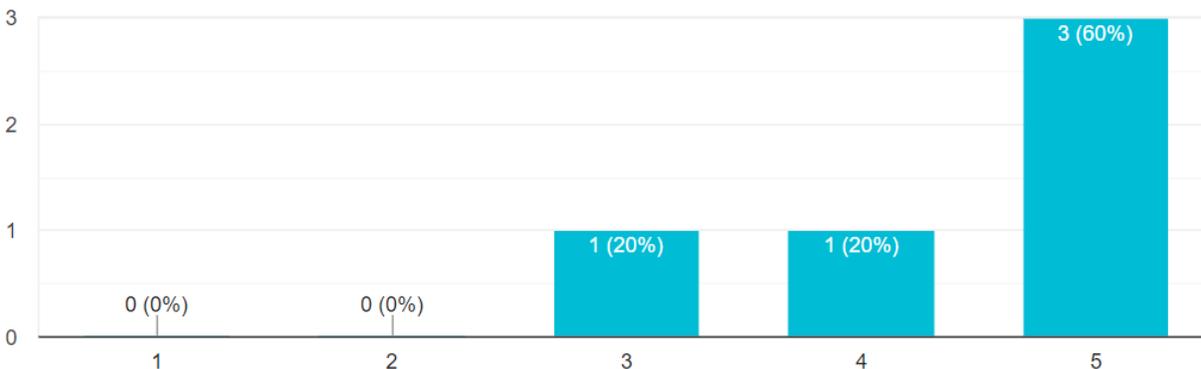


Gráfico 22. Fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas de los estudiantes.

Sin embargo, se puede observar que 1 de los 5 docentes no estuvo ni de acuerdo ni en desacuerdo. Esto es interesante, debido a que puede ser por la experiencia de ese docente. Realmente, cualquier tipo de tecnología puede llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas y no solamente la dronótica.

4.2.3.2. Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología

Ante la primera afirmación, el 100 % (2) de los profesores que no habían escuchado sobre la dronótica, están de acuerdo con que aprender una nueva tecnología puede llegar a aumentar la motivación de los estudiantes mediante el incentivo por querer tener mayor conocimiento sobre una nueva tecnología.

Tal y como se mencionó en el primer beneficio de la dronótica, la dronótica puede aumentar la motivación, igual que otras tecnologías, puede también llegar a aumentar la motivación del estudiante, ya que puede ser una tecnología que ofrece soluciones distintas a las que existen, y esto motiva al estudiante a seguir conociendo de este nuevo mundo.

Como segunda afirmación sobre los beneficios en el aprendizaje de una nueva tecnología, se dijo que esta puede llegar a incrementar la capacidad de concentración en el tema, y estos fueron los resultados:

Puede llegar a incrementar la capacidad de concentración en el tema

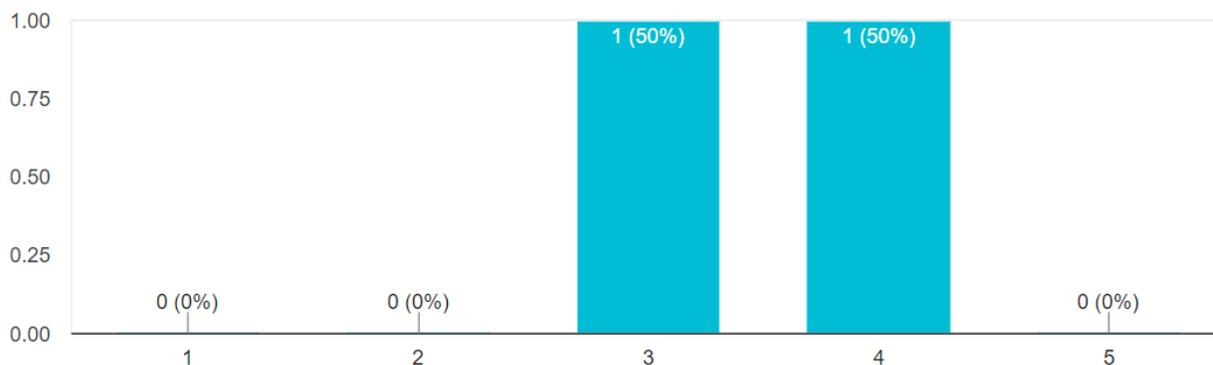


Gráfico 23. Incrementar la capacidad de concentración del tema.

Al igual que el gráfico 19 sobre el incremento en la capacidad de concentración al momento de desarrollar el curso de dronótica, los profesores encuestados están en el punto medio del nivel de acuerdo y desacuerdo. Esto realmente puede comprobar que una nueva tecnología puede llegar a incrementar la capacidad de concentración del estudiante, pero realmente depende del interés del estudiante.

El tercer beneficio es que pueda favorecer el pensamiento lógico de los estudiantes al momento de recibir un curso de una tecnología nueva. Para ello, los 2 profesores no están ni de acuerdo ni en desacuerdo, es decir, en un punto medio. Esto es interesante, porque puede significar que, al momento de crear la propuesta de esta investigación, es necesario pensar en incluir más temas prácticos que ayuden a fomentar el pensamiento lógico, tal y como el análisis de eventos para la resolución de problemas.

Por último, pero no menos importante, el beneficio de poder llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de nuevos problemas. Al parecer, los 2 profesores están de acuerdo con esta afirmación, ya que puede apoyar al estudiante para que innove y resuelva todo tipo de problemas con un dispositivo nuevo.

Este resultado está bastante equilibrado con el gráfico 22, que corresponde a que la dronótica puede llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y la resolución del problema, por lo que se puede decir que la mayoría de los profesores, sin importar si

conoce la dronótica o no, está de acuerdo con que cualquier tecnología nueva, en este caso la dronótica, puede llegar a ayudar que el estudiante aprenda a desarrollar por proyectos con nuevas soluciones alternativas para los futuros problemas utilizando este tipo de dispositivo.

4.2.4. Tipos de desarrollo de aplicaciones para resolución de problemas

Para conocer los tipos de aplicaciones que se pueden desarrollar con ayuda de los VANT, se les realizaron las preguntas a los mismos expertos de esta investigación, el Ing. Esteba Zúñiga y el Ing. Giovanni Brenes. Según ellos, se pueden desarrollar aplicaciones como para realizar fotogrametría.

Otro tipo de aplicaciones, según Brenes, es la multiespectral, es decir, estas aplicaciones llevan un poco del espectro electromagnético, por lo que las cámaras son más especiales que los otros y toman una referencia de los filtros, según el ente. Gracias a esto, se pueden determinar enfermedades o deficiencias nutricionales en las plantas.

Por otra parte, Brenes menciona que también se pueden desarrollar aplicaciones para conocer si hay daños en paneles solares, sin embargo, este tipo de tecnología aún es muy nueva y no está actualmente en Costa Rica, por lo que todavía no se conoce mucho, pero tal vez en unos años más, enfatiza Giovanni, puede que ya empiezan a surgir.

Otra aplicación, según Zúñiga y Brenes, es la de fumigación, es decir, aplicar productos pesticidas, insecticidas, entre otras en plantaciones como banano, piña, caña de azúcar, arroz, entre otras.

Por último, también se puede desarrollar un súper procesador que analice todas las características de los objetos grabados desde la cámara, tal y como fue mencionado en este capítulo, debido a que, según Brenes, esta es una de las aplicaciones que aún no existe en el mercado, por lo que los estudiantes pueden empezar a innovar para crear una solución óptima.

Todas estas aplicaciones mencionadas, pueden beneficiar a muchas empresas, especialmente la agrícola aquí en Costa Rica, según Giovanni Bresnes, debido a que aún no está muy tecnificado en esa área y con esto podría ayudar a ahorrar mucho tiempo a los agricultores.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Con base en la investigación que se ha realizado, se comprueba de forma efectiva y se justifica la hipótesis planteada inicialmente, la cual indicaba que “los conocimientos sobre los VANT son aplicables en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, de tal manera que permita el mejoramiento de la educación y de las experiencias de los estudiantes”.
- Asimismo, se responde al objetivo general, que pretendía “proponer la integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica, mediante el análisis de aspectos relacionados con la dronótica que permita su inclusión en el alcance de conocimiento y experiencia de los estudiantes”.
- Con base en los resultados obtenidos de la investigación, se concluye que el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación puede llegar a mejorar las capacidades técnicas del estudiante, mejorando su pensamiento lógico para la resolución de problemas.
- Aunque los VANT tienen poca presencia en el mercado de Costa Rica, han solucionado muchos tipos de problemas como en la agricultura. Por lo que se considera necesario formar ingenieros expertos en este tipo de dispositivos.
- Queda claro que la integración de la dronótica como parte del plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software abre nuevas oportunidades laborales, las cuales ayudan a fomentar la innovación en la resolución de problemas. De esta manera, el país tendrá un desarrollo y un crecimiento exponencial en el área de tecnologías de la información y robótica.
- Según evidencias, el desarrollo de aplicaciones para la dronótica se encuentra en pasos primarios en Costa Rica, hay competencia en el nivel internacional, aunque

en el nivel nacional no se visualiza tanta. Por ello, la necesidad de que los ingenieros informáticos conozcan la dronótica es una propuesta válida para el sector universitario.

- Se identifica que un estudiante debe haber completado y aprobado los primeros 4 cursos de programación de la carrera para llevar el curso de la dronótica.
- Se identifican los temas fundamentales que un estudiante debe conocer durante el proceso de aprendizaje de la robótica, área en conjunto con la programación, estas son:
 - La evolución de los VANT en el mercado de Costa Rica: con esta información, el estudiante será capaz de comprender el potencial de este dispositivo para la resolución de problemas y, de esta forma, innovar y crear aplicaciones que faciliten el día a día de las personas.
 - Componentes básicos de un VANT: conocer el balance principal de este dispositivo para poder agregar cualquier tipo de componente necesario, con el fin de cumplir con las necesidades del cliente sin que el dron sufra algún tipo de daño.
 - Leyes, normas y medidas de seguridad para pilotar un VANT.
 - Conocimiento breve en la programación con *JavaScript*.
- Se concluye que la mayoría de los profesores que imparten cursos de programación en la Universidad Técnica Nacional, Sede Central, cuentan con experiencia suficiente (entre 6 a 11 años o más), para impartir el curso de la dronótica, una vez capacitados en el tema.
- Con respecto a la construcción de un VANT desde cero, se determina que no es realmente necesario, ya que actualmente es más factible comprar un dispositivo ya equipado que construir uno. De esta manera, se puede concentrar el

aprendizaje en el pensamiento lógico y resolución de problemas. Sin embargo, esto no niega el aprendizaje de los componentes básicos de un dron y su teoría del balanceo físico junto con la gravedad.

- Se identifican grandes beneficios, aprobados por los profesores con más de 6 años de experiencia en docencia universitaria, que puede obtener un estudiante al llevar el curso de la dronótica, las cuales son:
 - Aumentar la motivación de los estudiantes, ya que es una tecnología nueva que incentiva el querer tener más conocimiento sobre ella.
 - Ayudar al desarrollo de la motricidad y la coordinación.
 - Favorecer el pensamiento lógico.
 - Fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas.
- Se determina que, para impartir el curso la dronótica, se necesita un espacio adecuado con los siguientes aspectos:
 - Tomas de electricidad de 220 V: debe haber lo suficiente para un grupo completo de estudiantes.
 - Internet inalámbrico.
 - Jaulas para drones con un tamaño mínimo de 7,3m x 3m x 3m para realizar las maniobras, habilidades, prácticas de vuelo necesarios o un espacio abierto cercano al aula.
 - Una computadora por estudiante con capacidad necesaria para la programación.

5.2. Recomendaciones

- Fomentar la creación e innovación de nuevas soluciones para mejorar la calidad de vida de las personas creando técnicas de enseñanza, con el fin de que los estudiantes mejoren su pensamiento lógico y amplíen sus conocimientos con una nueva tecnología.
- Durante la etapa de aprendizaje, fortalecer el conocimiento de los estudiantes con la historia de la evolución de los VANT en el mercado del país y sus actuales usos, con el propósito de ampliar los conocimientos de los estudiantes y conocer el verdadero principio de un VANT.
- En cuanto al aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, se deben mostrar ejemplos reales para que los estudiantes conozcan este nuevo tipo de tecnología e incentivar la innovación para la creación de aplicaciones o procesamientos de datos, con la finalidad de identificar soluciones que impacten el mercado de Costa Rica.
- La importancia de que los profesores sean autodidactas e incorporen como un plus la inteligencia artificial para procesar grandes datos recolectados por el VANT. De esta manera, se podrán identificar de forma instantánea problemas que aún no son visibles para el ojo humano y mitigar lo más antes posible cualquier tipo de impedimento.
- Promover el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación sin importar el nivel de programación del estudiante. Es decir, aunque el estudiante no tenga los conocimientos suficientes para recibir el curso, puede participar como oyente en exposiciones de las aplicaciones creadas por los estudiantes del curso.
- Establecer un plan de guía para la enseñanza de la dronótica. Crear una lista de actividades que se pueden realizar durante el curso y, a su vez, instruir la teoría

de forma más práctica posible, con la finalidad de motivar al estudiante durante su proceso de aprendizaje.

- Se recomienda que el curso sea impartido por un profesor experimentado en el área de programación de *Python* o de *JavaScript* y capacitado para la dronótica. Esto con el propósito de poder ampliar aún más los conocimientos de un estudiante con la experiencia laboral que tiene el profesor con el lenguaje de programación y, de esta manera, utilizar cualquier tipo de marco de trabajo que existe actualmente en el mundo de la tecnología.
- Para lograr el conocimiento de los componentes básicos de un VANT, se le recomienda al profesor llevar un VANT totalmente desarmado para explicar cada una de sus componentes y de su función específica. De esta forma, se le enseñará al estudiante el balance que debe tener un dispositivo; de lo contrario, este tendrá problemas al momento de la elevación.
- Exponer todos los beneficios encontrados en esta investigación para animar a que los estudiantes lleven el curso de la dronótica. Adicionalmente, inculcarles poco a poco esta tecnología para que se vayan preparando al mercado laboral.
- Se recomienda preparar un espacio, aula o laboratorio especializado para los VANT, de este modo, el estudiante podrá conocer más acerca de esta tecnología, sin tener ningún tipo de restricción.

CAPÍTULO VI
PROPUESTA

6.1. Planteo y estructura preliminar

6.1.1. Justificación

La presente propuesta define la integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional, Sede Central de Costa Rica, como un curso extraordinario. Se detalla el contenido del curso y su cronograma de trabajo, con base en lo investigado en la etapa de análisis, requerimientos necesarios para impartir el curso y por supuesto, el área de práctica.

6.1.2. Alcance

Su alcance abarca únicamente en la comprensión de la programación y estructura básica de un VANT, con el fin de poder desarrollar una aplicación integrada e inteligente que analice los datos capturados por el dispositivo. Para las actividades de aprendizaje en la dronótica, se pueden usar aplicaciones de simulación con el fin de instalar el código desarrollado en un dron virtual.

En esta propuesta, se proporcionará un cronograma de actividades para el curso de la dronótica completa, además, se listará todos los requerimientos necesarios antes de impartir el curso. Finalmente, se facilitará una tabla de costos, las cuales se dividen en costos individuales y costos para un grupo de no más de 20 estudiantes.

6.2. Plan de estudios

La dronótica es un curso que requiere de planificación y organización, ya que se debe analizar cada uno de los temas y actividades que realizará el estudiante durante su aprendizaje. Según Ivonne Rojas, profesora y directora de un centro educativo anónimo, un plan de clase ayudará al profesor organizar la clase. Uno de los principales beneficios del plan de clase es la organización, según la señora Rojas, esto generará una visión del curso por completo y de esta manera el profesor quien imparte el curso será capaz de organizar mejor el tipo que utilizará en cada contenido y también el orden de presentación de cada tema (Rojas, 2020).

6.2.1. Descripción del curso

Este curso está orientado a estudiantes del IV nivel de carrera y pretende que el estudiante desarrolle habilidades de pensamiento lógico y analítico para resolver problemas utilizando Internet de las cosas e Inteligencia Artificial, a la vez, comprende y aprende los comandos básicos para realizar funciones de un VANT y finalmente analizar los datos obtenidos desde el dispositivo.

Durante el curso, el estudiante utilizará técnicas de desarrollo de programas, aprendiendo a pilotar un VANT y procesar las imágenes capturadas para obtener una información relevante que ayude a la solución de problemas asegurándose del cumplimiento con estándares de calidad.

Este curso es de tipo teórico y práctico, en el que se combina la base teórica que abarca los principios de procesamiento de datos y la integración de la programación con los dispositivos con el diseño de prácticas en el laboratorio adecuado para la simulación de drones. De esta forma, reforzarán las destrezas del estudiante en el área de programación y conocerán nuevas habilidades en el área de tecnología para el desarrollo de programas.

6.2.2. Objetivo general

Crear aplicaciones de *software* orientadas a la dronótica, mediante técnicas y herramientas de desarrollo adecuadas que permitan su dominio y acercamiento a la realidad, considerando criterios de seguridad y calidad.

6.2.3. Objetivos específicos

- Conocer los componentes básicos de un VANT y sus posibilidades técnicas para identificar posibles soluciones al problema presentado.
- Aprender los principios de física y mecánica de la sustentación para determinar el balance apropiado del dispositivo, cuando se agrega un dispositivo extra para la captura de datos.

- Comprender los principios de sistemas de telecomunicaciones para la transmisión de datos desde el dispositivo.
- Conocer los riesgos y la legislación para pilotar un VANT en Costa Rica con el fin de prevenir problemas de seguridad de las personas.
- Identificar distintos tipos de averías y saber repararlas, en caso de que ocurra un accidente, con el fin de darle un mejor mantenimiento al dispositivo.
- Aprender a programar en *Python* para crear programas que manipulen las actividades del VANT y capturar problemas no visibles para el ser humano.
- Conocer los distintos tipos de sensores que existen para integrar a un VANT y apoyar con la búsqueda del problema.
- Dominar el entorno de la programación en dispositivos mediante lecturas y prácticas apropiadas.

6.2.4. Contenidos

Unidad I: Introducción a la dronótica.

- Evolución de los VANT y sus diferentes usos a lo largo de la historia.
- Aplicaciones civiles de los VANT en la actualidad.
- El aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación o conocido como la dronótica.
- Conceptos básicos de la dronótica: robótica aérea, lenguaje, programación y desarrollo, captura y análisis de datos y.

Unidad II: Fundamentos para pilotar y controlar un dron DJI Tello.

- Conocer las características de un dron *DJI Tello*.
- Instalación de la aplicación *Tello*.
- Conocer el funcionamiento y las características de la aplicación *Tello*.
- Utilización de la sub-aplicación *Tello Edu*.
- Conocer el funcionamiento y las características de la aplicación *Tello Edu*.
- Instalar y conocer las configuraciones del módulo *Tello*.
- Conocer la interfaz de la aplicación y aprender a programar orientado a bloques.

- Desarrollar sencillos programas para el manejo del dron como despegar, aterrizar, solicitar y obtener respuestas desde el dron, manejo de vuelo, velocidad, rotación y realizar acrobacias.
- Conocer los riesgos y la legislación para pilotar un VANT en Costa Rica con el fin de prevenir problemas de seguridad de las personas.

Unidad III: Aprendizaje de la robótica junto con la programación *Python*.

- La programación en *Python* en conjunto con los drones.
- Conocer los conceptos básicos de *Python*: operadores relacionales, lógicos y prioridad, estructuras condicionales e iteración, estándares de codificación e importancia del control de calidad.
- Introducción a la programación con bloques (*Block programming*).
- Configurar el ambiente de desarrollo para *Python* en sistemas operativos *Mac* y *Windows*.
- Aplicar y ejecutar programaciones básicas con comandos secuenciales programados en el lenguaje *Python* usando librerías *GitHub*.
- Instalación de la librería *OpenCV* para la detección de movimiento, reconocimiento de objetos, reconstrucción 3D a partir de imágenes, entre otras.
- Desarrollo de una aplicación para reconocimiento facial por medio de una imagen o video.

Unidad IV: Desarrollo de *software* con *Python*.

- Análisis de datos con *Python*.
- Configuración del ambiente de desarrollo.
- Configuración de *Flask*.
- Integración del *jQuery* y *jQuery Mobile* al proyecto.
- Desarrollo de la página *Index* y la extensión de sus diseños.
- Creación de *APIs* para enviar comandos al dron y viceversa.
- Agregar botones de comandos.

Unidad V: Desarrollo de *software* con *Python* utilizando *Dronekit*.

- Conexión al VANT.
- Obtener y configurar el estado del VANT.
- Desarrollar observadores para obtener el estado del vehículo en tiempo real.
- Obtener y configurar los parámetros del VANT.
- Ejecución de comandos para despegar y aterrizar un VANT.
- Obtener y configurar la localización del VANT.
- Manejo de situaciones desconocidas al momento del vuelo.
- Mantenimiento del VANT calibrando sus componentes.

Unidad VI: Sensores utilizando la cámara del dron.

- Conocer el dron con *WebUI*.
- Reconocimiento facial desde la cámara del dron y envío de las capturas a la base de datos para ser procesada.
- Seguimiento a un objeto seleccionado desde la cámara del dron.

Unidad VII: Fotogrametría con drones, planificación y procesamiento.

- Conocer los fundamentos teóricos básicos que permiten entender técnicas básicas de fotogrametría con VANT.
- Conocer las distintas aplicaciones para el procesamiento de datos como: *Agisoft Metashape*, *Pix4D*, *Mapper*, y otros *softwares GIS*.
- Conocer problemas más comunes de la fotogrametría.
- Conocer los factores importantes a considerar para desarrollar una misión de vuelo y precauciones a tomar.
- Planificar los vuelos de los drones según su modelo: *Dron Deploy*, *DJI Pilot* y *Mission Planner*.

6.2.5. Metodología

El curso se lleva a cabo en forma teórico-práctica con una amplia participación por parte del estudiante y trabajo extraclase.

6.2.6. Evaluación

● I parcial	30 %
● II parcial	30 %
● Proyecto programado	20 %
● Trabajos, pruebas cortas y tareas	10 %
Total:	100 %

6.3. Cronograma de actividades

Semana	Tema	Actividades	Evaluación
1	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción a la dronótica. - Evolución de los vehículos aéreos no tripulados. - Aplicaciones civiles en la actualidad. - El aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación. - Conceptos básicos de la dronótica. 	<p>Introducción</p> <p>Presentación</p> <p>Ejemplos caso real</p> <p>Análisis de casos</p>	
2	<ul style="list-style-type: none"> - Fundamentos para pilotar un dron. - Conocer la interfaz de <i>DJI Tello</i>. - Programación en bloques con <i>Tello</i>. - Riesgos y legislaciones de Costa Rica para pilotar un VANT. 	<p>Presentación</p> <p>Análisis de casos</p>	
3	<ul style="list-style-type: none"> - Programación en <i>Python</i> en conjunto con los drones. - Conceptos básicos de <i>Python</i>. - Estructuras condicionales. - Estructuras de iteración. - Estándares de programación. 	<p>Presentación</p> <p>Ejemplo programado</p>	Examen corto, semanas 1 y 2
4	<ul style="list-style-type: none"> - Ejecución de scripts básicos con comandos secuenciales programados. - Librería <i>OpenCV</i> para la detección de movimiento, reconocimiento, entre otras. 	<p>Presentación</p> <p>Ejemplo programado</p>	
5	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de aplicación con <i>API</i> para la comunicación con drones. - <i>jQuery</i> y <i>jQuery Mobile</i>. - Programación en bloques con <i>API</i>. 	<p>Presentación</p> <p>Ejemplo programado</p>	Examen corto semanas 3 y 4
6	Práctica para el I examen parcial		
7	I examen parcial - 30 %		
8	<ul style="list-style-type: none"> - Programación con <i>DroneKit</i>. - Conexión al VANT. - Funciones básicas para el manejo del vehículo desde código fuente. - Mantenimiento del VANT. 	<p>Presentación</p> <p>Análisis</p> <p>Ejemplo programado</p>	
9	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores para el reconocimiento facial y seguimiento de un objeto. - Introducción al <i>WebUI</i>. 	<p>Presentación</p> <p>Análisis</p> <p>Ejemplo programado</p>	

10	- Fotogrametría con drones, planificación y procesamiento de datos con <i>Pix4D Mapper</i> , <i>Agisoft Metashap</i> .	Presentación Análisis Ejemplo programado	Examen corto semanas 8 y 9
11	- Factores a considerar con la fotogrametría. - Planificación de vuelo.	Presentación Análisis Ejemplo programado	Examen corto semana 10
12	Práctica para el II examen parcial		
13	Entrega y presentación del proyecto programado del curso - 20 %		
14	II examen parcial - 30 %		

6.4. Requerimientos

Para implementar e integrar la dronótica como parte de los estudios de la carrera de la universidad, es necesario tener capacitados a los educadores en esta área para cumplir los objetivos de este curso de forma satisfactoria, por lo que, a continuación, se listarán todos los requerimientos necesarios para los docentes de la dronótica, estudiantes y el área de aprendizaje.

Concepto	Requerimientos
Docentes	<ul style="list-style-type: none"> ● Conocer los componentes básicos y las posibilidades técnicas de un VANT. ● Entender los principios de física y mecánica de la sustentación. ● Entender los sistemas de telecomunicaciones por ondas como el Wi-Fi, 2.4Ghz y <i>Bluetooth</i>. ● Conocer el lenguaje de programación <i>Python</i>. ● Saber programar una placa de vuelo.

	<ul style="list-style-type: none"> • Saber pilotar un VANT. • Conocer los riesgos y la legislación del país. • Conocer y respetar las normas de seguridad que estipulan en la Directiva Operacional del país, en este caso sería de la DGAC de Costa Rica. • Tener entusiasmo para promover la innovación, el arte y la creatividad. • Comprender el enfoque del aprendizaje de la metodología <i>STEAM</i>. • Preferiblemente con licencia para pilotar un VANT emitida por la DGAC de Costa Rica.
Estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento básico de programación. • Conocimiento sobre redes, Wi-Fi y direcciones <i>IP</i>.
Área de aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de electricidad de 220 V. • Internet inalámbrico (Wi-Fi). • Proyector con conexión <i>VGA</i> o <i>HDMI</i>. • Techos altos para realizar las prácticas de vuelo o un espacio abierto cercano al aula. • Una computadora por estudiante o al menos una para cada grupo de 3 o 4.

Tabla 10. Requerimientos.

6.5. Costos

Para efectos del curso, se utilizará el dron *DJI Tello Edu*, ya que está diseñado única y exclusivamente para la enseñanza de la dronótica o para personas con intereses

de conocer este mundo del aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación.

Una de las ventajas es que el lenguaje de programación Python es *software* libre, por lo que no tiene ningún costo al igual que las librerías OpenCV y Drone Kit, por lo que no será incluido dentro de la tabla de costos.

A continuación, se mostrarán 2 tipos de propuestas en cuanto a costos, uno individual para los estudiantes que desean optar por las herramientas por sus propios medios, y uno grupal por si la universidad desea dar esa ayuda económica para que cada uno de los estudiantes puedan mostrar sus capacidades técnicas. El precio de los envíos a Costa Rica fue calculado por la empresa *DiBox*, en donde cobran 8,5 dólares la libra. Por lo que este dato es multiplicado por el peso total de los drones.

6.5.1. Individuales

Cantidad	Detalle	Precio
1	<i>Tello EDU</i> . Incluye el dron, hélices, protectores para hélices, batería, cable <i>Micro USB</i> , herramientas de desinstalación de hélices y base para misiones.	\$129
1	Envío a Costa Rica (3 libras) \$8,5 x libra	\$25,5
Subtotal:		\$154,5
Impuesto de venta (13 %):		\$20,09
Total:		\$174,59

Tabla 11. Costos individuales.

6.5.2. Grupales

Para la propuesta grupal, se realizará el cálculo por 20 estudiantes en total como un aproximado, sin embargo, sí se pueden agregar más estudiantes.

Cantidad	Detalle	Precio
20	<i>Tello EDU</i> . Incluye el dron, hélices, protectores para hélices, batería, cable <i>Micro USB</i> , herramientas de desinstalación de hélices y base para misiones.	\$2580
1	Envío a Costa Rica (60 libras) \$8,5 x libra	\$510
Subtotal:		\$3090
Impuesto de venta (13 %):		\$401,7
Total:		\$3491,7

Tabla 12. Costos grupales.

6.5.2. Mantenimiento

El mantenimiento de los VANT es indispensable para el transcurso del aprendizaje, ya que estos pueden ser dañados o golpeados durante las pruebas desarrolladas por el estudiante. Por lo que se puede optar por los servicios de la compañía Índigo Drones de Costa Rica (2022) que ofrecen taller y soporte para drones en general.

Detalle	Precio
Reparación de Drones <i>DJI</i>	\$275
Reparación accesorios <i>DJI</i>	\$175

Tabla 13. Costos de mantenimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo (17 de agosto de 2015). *10 usos de los drones en la educación*.

<https://noticias.universia.edu.pe/educacion/noticia/2015/08/17/1129835/10-usos-drones-educacion.html>

Aeracoop (s.f.). *Taller de drones para jóvenes*. <https://aeracoop.net/taller-drones-jovenes/>

Carrasco, B. Alberto, J. y (2015). *Integración de un UAV (VANT) en la plataforma robótica ARGOS*.

https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/665076/Benito_Carrasco_JuanAlberto_pfc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arencibia Carballo, G. (2016). ¿Es posible el uso de drones en la investigación científica y el monitoreo ambiental? *Revista electrónica de Veterinaria de España*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63647456001>

Bañón, L., y Ivorra, S. (2015). El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad. *XII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*.

https://www.researchgate.net/publication/303944286_Empleo_de_drones_RPAS_para_la_elaboracion_de_material_audiovisual_docente_en_asignaturas_de_Ingenieria_Civil

Barrientos, A., Del Cerro, J., Gutiérrez, P., San Martín, R., Martínez, A. y Rossi, C. (2015). *Vehículos aéreos no tripulados para uso civil*. Tecnología y aplicaciones.

https://www.academia.edu/24038031/Veh%C3%ADculos_a%C3%A9reos_no_tripulados_para_uso_civil_Tecnolog%C3%ADa_y_aplicaciones

Barría, C. (2019). *Cómo Costa Rica se convirtió en uno de los países más innovadores de América Latina*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48193736>

- BBVA API Market (4 de agosto del 2015). *Los mejores SDKs para desarrolladores de aplicaciones para drones: 3D Robotics y DJI*.
<https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/los-mejores-sdks-para-desarrolladores-de-aplicaciones-para-drones-3d-robotics-y-dji>
- Benítez Mantero, E. (23 de marzo del 2018). *¿Cuáles son las partes de un dron?* Dron Profesional. <https://dronprofesional.com/blog/cuales-son-las-partes-de-un-dron/>
- Benítez Mantero, E. (2018). *¿Cuáles son las partes de un dron?* [Figura].
<https://dronprofesional.com/blog/cuales-son-las-partes-de-un-dron/>
- Camarillo, B. (7 de julio del 2021). Apoyar la agricultura en Costa Rica a través de la fumigación aérea con drones busca Muraya Drone Terra. *La Republica.net*.
<https://www.larepublica.net/noticia/apoyar-la-agricultura-en-costa-rica-a-traves-de-fumigacion-aerea-con-drones-busca-muraya-drone-terra>
- Campoy et al. (2016). *Evolución histórica de los vehículos aéreos no tripulados hasta la actualidad*. [http://oa.upm.es/40803/1/INVE MEM 2015 203893.pdf](http://oa.upm.es/40803/1/INVE_MEM_2015_203893.pdf)
- Cavazos, B. (15 de octubre del 2015). *Drones, una innovación que está en el aire*.
<https://monitor.iiiepe.edu.mx/notas/drones-una-innovaci%C3%B3n-que-est%C3%A1-en-el-aire>
- Cavazos, B. (8 de febrero del 2018). *Dronótica, una tendencia educativa innovadora*.
<https://monitor.iiiepe.edu.mx/notas/dron%C3%B3tica-una-tendencia-educativa-innovadora>
- Corbetta, P. (2003). *Metodología y técnicas de investigación social*. Editorial McGraw-Hill.
- Danhke, G. L. (1989). Investigación y comunicación. En C. Fernández-Collado y G. L. Danhke (Eds.). *La comunicación humana: Ciencia social* (pp. 385-454). Editorial McGraw-Hill.

Delgado, M. (5 de junio del 2019). *MEP también dota de drones a colegios académicos.*

[https://sancarlosdigital.com/mep-tambien-dota-de-drones-a-colegios-academicos-invierte- %E2 %82 %A1188-millones/](https://sancarlosdigital.com/mep-tambien-dota-de-drones-a-colegios-academicos-invierte-%E2%82%A1188-millones/)

Delgado, V. (s.f.). *Historia de los drones.* <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>

Díaz Cantos, O. (2015). *Drones y su aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.* [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2211/1/TFM %20D %C3 %ADaz %20Cantos %2C %20 %C3 %93scar.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2211/1/TFM%20%C3%ADaz%20Cantos%2C%20%C3%93scar.pdf)

Dirección General de Aviación Civil (2017). *Operaciones con Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia.* <https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2018/06/DIRECTIVA-OPERACIONAL-RPAS-EDICION-1.pdf>

Dirección General de Aviación Civil (2018). *Regulación para la operación comercial de “drones”.* Comunicado de uso recreacional y comercial.

<https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2018/02/COMUNICADO-DE-PRENSA-DRONES.-FEBRERO.pdf>

DJI (2020). *DJI Tello Drone.* [Figura].

[https://www.amazon.com/stores/DJI/page/A2F1C74C-8865-4820-AD23-3C56F28F254C?ref =ast bln](https://www.amazon.com/stores/DJI/page/A2F1C74C-8865-4820-AD23-3C56F28F254C?ref=ast_bln)

DJI (2020). *Precio del DJI Tello Drone.* [https://www.amazon.com/Tello-CP-PT-00000252-01-Quadcopter-](https://www.amazon.com/Tello-CP-PT-00000252-01-Quadcopter-Drone/dp/B07H4W5YWB/ref=psdc_11608080011_t1_B07KQQJHJQ?th=1)

[Drone/dp/B07H4W5YWB/ref=psdc 11608080011 t1 B07KQQJHJQ?th=1](https://www.amazon.com/Tello-CP-PT-00000252-01-Quadcopter-Drone/dp/B07H4W5YWB/ref=psdc_11608080011_t1_B07KQQJHJQ?th=1)

DJI (2020). *Tutoriales para la programación en drones.*

<https://store.dji.com/guides/video-tutorial/>

Drone Prix (s.f.). *Guía Curso de Programación con Drones Tello.*

https://droneprix.es/img/cms/Cursos/Guia-Curso_programacion_drones_Tello_OPEN.pdf

Educación 3.0. (7 de noviembre del 2017). *Los drones sobrevuelan las aulas.*

<https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/drones-aulas/>

Educación 3.0. (21 de diciembre del 2018). *Introducir los drones en el aula es posible.*

<https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/introducir-los-drones-en-el-aula/>

Teknautas (30 de septiembre del 2014). *Argentina utiliza drones para cazar a evasores de impuestos.* El Confidencial.

https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-09-30/argentina-utiliza-drones-para-cazar-a-evasores-de-impuestos_220230/

El Mundo (1 de septiembre del 2020). *Estados Unidos autoriza a Amazon a utilizar drones para entregar paquetes.*

<https://www.dw.com/es/estados-unidos-autoriza-a-amazon-a-utilizar-drones-para-entregar-paquetes/a-54785463>

Gertler, J. (2012). U.S. *Unmanned Aerial Systems*. Estados Unidos: CRS Report for Congress.

Gobierno del Bicentenario. (2020). *Con uso de los drones se vigilan los lugares más remotos en la frontera norte.* Comunicados.

<https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/04/con-uso-de-drones-se-vigilan-los-lugares-mas-remotos-en-la-frontera-norte/>

Grinnell, R. M. (1997). *Social work research y evaluation: Quantitative and qualitative approaches* (5a. ed.). E. E. Peacock Publishers.

Guía Drones (2020). *Mejores drones para la educación.* Base de conocimiento de

drones. <https://guiadrones.com/base-de-conocimiento/mejores-drones-para-la-educacion>

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006).

Metodología de la Investigación. Editorial McGrawHill.

Instituto de Integración de Arte y STEAM (2020). *El Proceso STEAM.*

<https://educationcloset.com/what-is-steam-education-in-k-12-schools/>

- Iriarte, A. (2018). *Programación, robótica y drones: una introducción al Proyecto Escuelas del Futuro*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82579>
- Makeblock (2020). *AirBlock Drone*. [Figura].
https://www.amazon.com/stores/Makeblock/page/51EF157D-514D-43CF-83B0-CE5015B05A8C?ref=ast_bln
- Makeblock (2020). *Precio del AirBlock Drone*. https://www.amazon.com/99808-Supplier-Makeblock-Airblock-Drone/dp/B07PRXG91D/ref=sr_1_2?dchild=1&keywords=airblock+drone&qid=1598158175&sr=8-2
- Maranto Rivera, M. (2015). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Fuentes de Información*, p 2.
- Mosquera Gende, I. (18 de enero del 2018). *Dronótica: 20 posibles usos educativos de los drones*. <https://blog.vicensvives.com/dronotica-20-posibles-usos-educativos-de-los-drones/>
- M. West, D. (2020). *Avance tecnológico: riesgos y desafíos*.
<https://www.bbvaopenmind.com/articulos/avance-tecnologico-riesgos-y-desafios/>
- Nitsche, M. (2016). *Método de navegación basado en aprendizaje y repetición autónoma para vehículos aéreos no tripulados*.
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6036_Nitsche.pdf
- Oñate, M. [MOOC Agrotech]. (13 de julio del 2015). *1.2. Historia y Evolución de los Drones* [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=yHwgjLmd3hl>
- Parrot (2020). *Parrot Mambo Fly Drone*. [Figura]
https://www.amazon.com/stores/Parrot+Inc./page/969B51DF-2B90-4EFE-A34B-1CB36EBE1390?ref=ast_bln
- Parrot (2020). *Precio de Parrot Mambo Fly Drone*. <https://www.amazon.com/Parrot-Mambo->

[Fly/dp/B088GRBRG1/ref=sr_1_3?dchild=1&keywords=parrot+mambo+fly&qid=1598156934&sr=8-3](https://www.amazon.com/dp/B088GRBRG1/ref=sr_1_3?dchild=1&keywords=parrot+mambo+fly&qid=1598156934&sr=8-3)

Pluto (2020). *PlutoX Drone*. [Figura].

https://www.amazon.in/stores/Pluto/page/DB947A0B-5874-45F3-A823-3A989187F7D6?ref_=ast_bln

Pluto (2020). *Precio del PlutoX Drone*. https://www.amazon.in/Pluto-Programmable-Quadcopter-Smartphone-Rechargeable/dp/B06W5QQQJZ?ref_=ast_sto_dp

Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la lengua española* [versión en línea]. <https://dle.rae.es>.

Riley, S. (s.f). *What is STEAM Education?* <https://educationcloset.com/what-is-steam-education-in-k-12-schools/>

Ríos Sánchez, Y. (2018). *Uso de drones como herramienta educativa en las universidades*.

<http://pluseconomia.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/164>

Robolink (2020). *CoDrone Pro*. [Figura].

https://www.amazon.com/stores/RoboLink/page/1B7FCB3F-22AB-408F-9E64-1C1382179602?ref_=ast_bln

Robolink (2020). *Precio del CoDrone Pro*. https://www.amazon.com/Drone-CoDrone-Pro-programable-educativo/dp/B01K3VCN64/ref=sr_1_1_sspa?dchild=1&keywords=CoDrone+Pro&qid=1598155340&sr=8-1-spons&pvc=1&psc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUFTUjRHQkdYM0NWRUImZW5jcnlwdGVkSWQ9QTA5MzkyNDEzTU1WNjE1V0tCVFRGJmVuY3J5cHRlZEFkSWQ9QTA3NTk2ODYzVVVLSdhYnDBBSIJOJndpZGdldE5hbWU9c3BfYXRmJmFjdGlvbj1jbGlja1JIZGlyZWNoJmRvTm90TG9nQ2xpY2s9dHJ1ZQ==

Rojas, I. (2020). *La importancia de la planificación de las clases*.

<https://blog.lirmi.com/la-importancia-de-la-planificacion-de-clases>

Rojó Veá, S. (2020). *Aprendizaje basado en proyectos: Dronótica en el Markerspace en 4 de la ESO como observación de la brecha digital de género.*

https://www.researchgate.net/publication/340165454_Aprendizaje_Basado_en_Proyectos_Dronotica_en_el_Makerspace_en_4_de_la_ESO_como_observacion_de_la_brecha_digital_de_genero

Sánchez Mejía, L. E. (21 de marzo del 2017). *Diseño y programación de software para la automatización de drones utilizando la plataforma arduino.*

http://www.repositorio.usac.edu.gt/6729/1/Luis_%20Estuardo_%20S_%C3%A1nchez_%20Mej_%C3%ADa.pdf

Sky Viper (2020). *Sky Viper e1700.* [Figura].

https://www.amazon.com/stores/Sky+Viper/page/E3938145-7516-4566-A295-361C14FDB551?ref=ast_bln

Sky Viper (2020). *Precio del Sky Viper e1700.* [https://www.amazon.com/Sky-Viper-Fury-Stunt-](https://www.amazon.com/Sky-Viper-Fury-Stunt-Drone/dp/B07G293CSY/ref=sr_1_2?crd=3BLGICHTNDS5U&dchild=1&keyword=s+sky+viper+e1700&qid=1598155399&sprefix=Sky+Viper+e%2Caps%2C228&sr=8-2)

[Drone/dp/B07G293CSY/ref=sr_1_2?crd=3BLGICHTNDS5U&dchild=1&keyword=s+sky+viper+e1700&qid=1598155399&sprefix=Sky+Viper+e%2Caps%2C228&sr=8-2](https://www.amazon.com/Sky-Viper-Fury-Stunt-Drone/dp/B07G293CSY/ref=sr_1_2?crd=3BLGICHTNDS5U&dchild=1&keyword=s+sky+viper+e1700&qid=1598155399&sprefix=Sky+Viper+e%2Caps%2C228&sr=8-2)

UAV Technology (7 de junio del 2016). *El origen y la historia de los drones.*

<https://hemav.com/el-origen-y-la-historia-de-los-drones/>

Udemy (2019). *Drone Programming with Python - Face Recognition y Tracking.*

<https://www.udemy.com/course/drone-programming-with-python-face-recognition-tracking/>

Udemy (2021). *Desarrollo de Software para Ardupilot.*

<https://www.udemy.com/course/software-development-for-ardupilot-powered-unmanned-systems/>

Udemy (2021). *Fotogrametría con Drones: Planificación y procesamiento.*

<https://www.udemy.com/course/fotogrametria-con-drones-planificacion-y-procesamiento/>

Vegas Salas, P. A, Ruiz Cubillo, P., y Francisco Garro, J. (2017). Vehículos aéreos no tripulados de la LanammeUCR: una herramienta multidisciplinaria adaptada para todo tipo de condiciones al servicio del país. *Boletín Técnico PITRA-LanammeUCR*, 8(4).

[https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/911/Boletin %204- %20Vehiculos %20aereos %20no %20tripulados.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/911/Boletin%204-Vehiculos%20aereos%20no%20tripulados.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vera, J. M. (2013). *Cuál es la diferencia entre un drone, un UAV y un RPA*. 2017. One Magazine. <http://www.onemagazine.es/noticia/14713/industria/cual-es-la-diferencia-entre-un-drone-un-uav-y-un-rpa.html>

ANEXO

Anexo 1: Entrevistas

Propuesta de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica.

Artefacto para entrevistas.

Objetivo: El propósito de esta entrevista es identificar todos los conceptos necesarios para desarrollar una aplicación que conlleve un VANT. Se identificará las funcionalidades del dispositivo, sus beneficios y sus distintas formas de uso que pueden ayudar a los estudiantes a resolver problemas en la vida real.

Mecánica: Entrevista personal a expertos acordes con el perfil de opinión que se busca conocer. El proceso se realizará por medio Google Meets, sitio gratuito para agendar y realizar video llamadas. Durante las entrevistas se grabará dicha sesión y se transcribe al documento correspondiente.

Perfil de expertos a entrevistar:

- Expertos ingenieros que hayan tenido más de 5 años de experiencia en el área de vehículos aéreos no tripulados, ya sea desarrollador, técnico en Hardware, administrador de drones, entre otros.

Cuestionario para entrevistas:

Información del experto entrevistado:

- Nombre
- Área experto
- Profesión
- Fecha

1. ¿Cuál es su profesión actual?

2. Nivel académico:

() Bachiller () Licenciado () Máster () Doctorado

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el desarrollo de aplicaciones para vehículos aéreos no tripulados?

3. ¿Qué tipo de aplicaciones ha desarrollado que involucre un VANT?

4. ¿Qué piensa usted acerca del aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación?

5. ¿Qué lenguaje de programación utiliza para desarrollar una aplicación que conlleva un VANT?

6. Para el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, ¿es necesario que el estudiante tenga los conocimientos básicos para armar un VANT desde cero, por qué?

7. ¿Qué beneficios considera usted que los estudiantes puedan obtener al aprender a desarrollar una aplicación que conlleva un VANT?

Resultados de las entrevistas

Entrevista 1: Esteban Zúñiga Mora

Propuesta de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica.

Experto: Ingeniero Experto en Drones

Nombre del entrevistado: Esteban Zúñiga Mora

Fecha: 04.marzo.2021

Profesión: Msc. Electrónica, Énfasis en Procesamiento digitales

Presentación:

El propósito de esta encuesta es identificar todos los conceptos necesarios para desarrollar una aplicación que conlleve un VANT. Se identificará las funcionalidades del dispositivo, sus beneficios y sus distintas formas de uso que pueden ayudar a los estudiantes a resolver problemas en la vida real.

La información presentada es y será estrictamente confidencial y se utilizará únicamente con fines académicos. Gracias por su comprensión.

1. ¿Cuál es su profesión actual?

Manager Engineering Tech Support, en Wind River Systems CR

2. Nivel académico:

Bachiller

Licenciado

Máster

Doctorado

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el desarrollo de aplicaciones para vehículos aéreos no tripulados?

10 años

3. ¿Qué tipo de aplicaciones ha desarrollado que involucre un VANT?

- Una aplicación para contar las piñas sembradas en el campo: Es una aplicación que facilita al agricultor contabilizar las cantidades de piñas sembradas en el momento. La aplicación manda una serie de comandos al dron con las coordenadas específicas del campo para que este vuele sobre ella y utilizando inteligencia artificial, identifica con su cámara todas las posibles piñas sembradas, y con este dato el dueño podrá planear todas sus actividades de ventas.

Esto ha ahorrado mucho tiempo al agricultor ya que antes lo contaban uno por uno y nunca tenían el dato correcto.

Aunque esta aplicación ha sido creada para contabilizar piñas, también puede contabilizar otros productos, ya que, gracias a la inteligencia artificial, podemos enseñarle al dron todas las características del producto que necesitamos contar.

4. ¿Qué piensa usted acerca del aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación?

Actualmente existen muchos problemas en los que aún no hemos podido resolver, problemas que se necesita gastar una gran cantidad de plata para poder encontrar al menos una solución, o simplemente son problemas que se necesitan otro punto de vista para comprender y dar una resolución.

Hoy en día, los estudiantes de informática deben saber que ya existe un dispositivo que nos va a brindar soluciones sencillas y fáciles de implementar, soluciones que ayudarán a realizar trabajos que son inalcanzables para un ser humano, tales como tomar medidas de una distancia entre una montaña a otra para la construcción de un puente, llevar alimentos o medicamentos para familias que viven en lugares inaccesibles, buscar personas desaparecidas en las montañas, entre otras.

Por lo tanto, considero que las próximas generaciones de estudiantes necesitan comprender la ciencia de los drones para en un futuro poder aplicarlas ya que muchas de las empresas están utilizando estos tipos de dispositivos para resolver muchos problemas.

5. ¿Qué lenguaje de programación utiliza para desarrollar una aplicación que conlleva un VANT?

Principalmente Python que es el recomendado, pero también se puede utilizar JavaScript o C#, pero para que empiecen, necesitan conocer al menos JavaScript.

6. Para el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, ¿es necesario que el estudiante tenga los conocimientos básicos para armar un VANT desde cero, por qué?

En realidad, no es necesario que un estudiante conozca cómo armar un VANT, sino es que conozca los componentes básicos de este dispositivo y el balanceo de ella misma. Esto para que cuando el estudiante necesita agregarle algún otro componente, tenga el conocimiento de dónde y cómo localizar el nuevo componente y el balanceo del dron, ya que puede ocasionar un desequilibrio de este y este pierda el control de su vuelo.

7. ¿Qué beneficios considera usted que los estudiantes puedan obtener al aprender a desarrollar una aplicación que conlleva un VANT?

Puede ayudar al estudiante a incrementar su análisis y pensamiento lógico al momento de resolver un problema. Ya que son tecnologías nuevas que desarrollan puntos de vista diferentes.

Entrevista 2: Giovanni Brenes

Propuesta de integración de la dronótica en el plan curricular de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central de Costa Rica.

Experto: Ingeniero Electrónico experto en Drones

Nombre del entrevistado: Giovanni Brenes

Fecha: 21.junio.2021

Profesión: Ingeniero Electrónico

Presentación:

El propósito de esta entrevista es identificar todos los conceptos necesarios para desarrollar una aplicación que conlleve un VANT. Se identificará las funcionalidades del dispositivo, sus beneficios y sus distintas formas de uso que pueden ayudar a los estudiantes a resolver problemas en la vida real.

La información presentada es y será estrictamente confidencial y se utilizará únicamente con fines académicos. Gracias por su comprensión.

1. ¿Cuál es su profesión actual (carrera profesional)?

Actualmente es Ingeniero Electrónico graduado del TEC, alrededor del 2017 hizo el proyecto de graduación en Indigo Drones, una empresa que se especializa en la resolución de problemas utilizando drones, tuvo 5 años de experiencia con ellos. Ha visto toda la evolución que ha tenido en el mercado y que va teniendo. Tiene más conocimiento en los drones de fumigación para agricultura, drones de fotogrametría para realizar mapas, mapas térmicos, mapas de colores para índices de vegetación.

2. Nivel académico:

Bachiller Licenciado Máster Doctorado

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el desarrollo de aplicaciones para vehículos aéreos no tripulados?

5 años de experiencia

3. ¿Qué tipo de aplicaciones se pueden desarrollar que involucre un VANT?

Ahorita en el mercado de Costa Rica sirve para fotogrametría, que son fotos aéreas de edificios, de estructuras o de plantaciones.

También están los multiespectrales, que llevan un poco del espectro electromagnético, entonces las cámaras son un poco más especiales y toman una referencia de los filtros según el ente, entonces se puede determinar enfermedades o deficiencias nutricionales en las plantas.

Otros con cámaras térmicas que sirven para seguridad.

Aplicaciones para conocer si hay daños en paneles solares, estos tipos de aplicaciones son muy nuevos, entonces puede que aún no existan tantos en Costa Rica, pero en un par de años puede que ya empiezan a surgir.

Fumigación, aplicar productos pesticidas, insecticidas, entre otras en plantaciones como banano, piña, caña, arroz, etc.

4. ¿Qué piensa usted acerca del aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación?

Es muy importante, porque estoy va a tener desarrollo y va a ser un crecimiento exponencial que el país y Latinoamérica en general van a necesitar gente preparada para estos equipos. Por que yo he visto cambio en la agricultura, estuve en el momento cuando los agricultores usaban bombas de espalda que fumigan, ese paradigma que se ha estado utilizando durante muchos años, se está reemplazando en este momento por drones que fumigan, por lo que tiene grandes beneficios, ya que ya no mandan a personas o un equipo para que fumiguen, o ya las personas no van a tener tanto exposición con los químicos, la facilidad de la aplicación de los químicos va a ser mejor, y la aplicación percee va a ser mejor también.

Crear ingenieros o formar ingenieros que estén capacitados para que conozcan todas estas cosas, desde mi punto de vista, sí me parece muy importante. Cuando yo estudié en el Tec, no había nada de drones, y ahora el TEC tiene una parte que está dedicada, tienen un laboratorio que está dedicada a ella. Entonces yo pienso que sí puede ser un mercado muy interesante, y no solo en la agricultura, sino también para muchas otras cosas. Por ejemplo, en Argentina, un día leí un artículo que decía que las municipalidades ahora están usando drones para saber cuánto terreno tenés vos. Por ejemplo, uno podría ir a declarar que tiene 1000 mts² pero en realidad tiene más, y la municipalidad no tenía cómo darse cuenta eso. Entonces con la facilidad de los drones uno se puede ir dando cuenta de cuanto es el terreno.

Para la parte de programación, se puede ver mucho en la parte de análisis de imágenes con la Inteligencia Artificial. Crear un súper procesador que actúe como un doctor que cuando el dron está encima de la planta él le haga un escaneo y valore si la planta tiene alguna enfermedad, para darle algún nutriente en ese mismo momento, y si ve que la planta está sana, entonces no tiene que darle ningún medicamento y así sucesivamente con todas las plantas. Imaginémonos de todo el procesamiento que este dron necesita, y esto actualmente no existe.

Entonces un ingeniero de Software puede desarrollar este tipo de procesador perfectamente.

Es importante conocer el principio de la ingeniería, que como ingeniero deberíamos de tener muy intrínseco, “no todo está inventado”, y uno no tiene que creer cuando alguien le dice que ya está inventado, falta demasiado, entonces tal vez la gente cree o piensa que ya llegamos al límite, pero para mí no.

Uno como ingeniero siempre tiene que ir pensando, ¿qué puedo ir mejorando?, desde las formas de pago en un bus, cosas tan sencillas que uno puede decir “yo lo puedo mejorar”, entonces no todo está inventado.

5. ¿Qué lenguaje de programación utiliza para desarrollar una aplicación que conlleva un VANT?

No, no conozco ninguno porque son equipos que se compran en china que ya vienen de fábrica y no son modificables. Antes sí son modificables, pero ahorita no.

Tampoco se crean las aplicaciones, porque la competencia en china ha sido muy fuerte, entonces muchas empresas han desarrollado diferentes aplicaciones o habilidades de los drones conforme se vaya abriendo el mercado, entonces esto facilita a la hora de comercializarlo y el servicio de la funcionalidad que van a tener las personas.

Pero claro está que no le estoy cerrando las puertas a que esto se pueda modificar, puede ser que a nosotros se nos ocurra de crear un dron para emergencias naturales como inundaciones, incendios, etc., entonces hay que agregarle ciertas particularidades como sensores, diferentes sistemas embebidos que puedan beneficiar la aplicación.

No obstante, esto no quiere decir que ya no se puedan crear aplicaciones para drones, todo esto depende de la utilidad de la aplicación

6. Para el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación, ¿es necesario que el estudiante tenga los conocimientos básicos para armar un VANT desde cero, por qué?

Claro, es necesario conocer los fundamentos básicos de los drones o la conformación del mismo dron, leyes aéreas, controladores de vuelo, la parte mecánica, donde tengan los conocimientos básicos del balanceo del dron con los dispositivos adjuntos, conocer la velocidad, cómo levantar un dron, entre otras.

También está la parte de analizar imágenes, con Python o con R, se pueden procesar todas esas imágenes y obtener información. Para ello, se vuela un dron, obtenemos una imagen y con eso podemos procesar esas imágenes y dar a conocer al cliente dónde está el problema real para que vaya al campo y lo solución, entonces este cliente solo aplica productos para esa zona del cultivo y no va a tener que aplicar para todo el campo y gastar químicos. Entonces imaginemos todo el dinero que se está ahorrando.

No obstante, es necesario que el estudiante tenga conocimiento lógico y analítico para desarrollar una aplicación, ya que se requiere de mucho análisis para poder complementar el dron con la aplicación.

Además, existen aplicaciones para simular el vuelo de un dron, de esta forma no es necesario realizar la compra de uno de estos dispositivos.

7. ¿Qué beneficios considera usted que los estudiantes puedan obtener al aprender a desarrollar una aplicación que conlleva un VANT?

Podría encontrar nuevos nichos de trabajos, que jamás creo que podría llegar hasta ahí, también la creación de nuevas empresas en que los mismos estudiantes puedan emprender.

Y también viéndolo desde otro punto de vista, ayudar al agricultor, porque siento que Costa Rica, aún no está muy tecnificado a ese sector, y países grandes como Estados Unidos, China, Canadá, sí tecnifican mucho esa parte, si le dan muchos recursos para tecnificar todas estas operaciones que al final de cuentas es super importante, porque

todos nosotros necesitamos alimentos, entonces para mí es un mercado muy grande y todavía falta mucho por explorar. Es una muy buena oportunidad.

Anexo 2: Encuestas

Se crearon una encuesta específica para los profesores de programación de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional Sede Central, y una para los estudiantes de la carrera. Dichas encuestas se realizaron por medio de “Google Forms” y se compartió con el siguiente *link*:

Estudiantes: <https://forms.gle/jhJCEZVDU9N6ooV6>

Profesores: <https://forms.gle/bMEGRyUVW3aQTMSx6>

Encuesta presentada

- **Estudiantes**

La dronótica como parte de su aprendizaje

El objetivo de esta encuesta es analizar las capacidades técnicas de un estudiante de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Alajuela, Sede Central y el interés hacia los vehículos aéreos no tripulados como parte del plan curricular de la carrera. Esto con el fin de identificar los conceptos que podrían integrarse durante la acción docente.

La información presentada es y será estrictamente confidencial y se utilizará únicamente con fines académicos. Gracias por su comprensión

 **fexlee29@gmail.com** (not shared) [Switch account](#) 

Ilustración 20. Introducción a la encuesta

La dronótica como parte de su aprendizaje

 [fexlee29@gmail.com](#) (not shared) [Switch account](#)



* Required

Educación

1. Nivel académico *

- Diplomado
- Bachillerato
- Licenciatura

2. ¿Cuántos cursos de programaciones ha aprobado hasta el momento en la Universidad? *

- 1 a 3 cursos
- 4 a 6 cursos
- 7 u 8 cursos

3. ¿Cuáles de los siguientes lenguajes de programación conoce actualmente? *

- Python
- C#
- JavaScript
- Java
- Objective C

Back

Next

Clear form

Ilustración 21. Preguntas introductorias

Dronótica

4. ¿Ha escuchado sobre la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación? *

Sí

No

Back Next Clear form

Ilustración 22. Pregunta de conocimiento para redirigir

Dronótica

Sí he escuchado sobre la dronótica

4.1.1. ¿Ha creado algún proyecto o aplicación programada que involucre un dron? *

Sí

No

4.1.2. ¿Conoce algún marco de trabajo (framework) o API que pueda ser utilizado en una aplicación para controlar un dron? *

Sí

No

4.1.3. ¿Conoce los componentes básicos para armar un dron? *

Sí

No

Back Next Clear form

Ilustración 23. Sección en donde el estudiante conoce el concepto de la dronótica

Aprendizaje

5. ¿Sabía que existe un reglamento a seguir, en Costa Rica, para poder volar un dron? *

Sí

No

6. De 1 al 5, ¿qué tanto le gustaría que la dronótica se incorpore como tema en la carrera de Ingeniería del Software? *

No me gustaría 1 2 3 4 5 Sí me gustaría

Ilustración 24. Aprendizaje, última sección general

Dronótica

Según Blanca Cavazos (2015) la dronótica es un concepto bastante nuevo que fue utilizado por muchas de las personas para referirse al aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación.

4.2.1. ¿Le gustaría poder conocer más sobre el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación? *

Sí

No

4.2.2. ¿Sabía que los drones actualmente se utilizan mucho en diversas y grandes empresas del mundo? *

Sí

No

Ilustración 25. Sección de los estudiantes que no conocen la dronótica

- Profesores

La dronótica como parte del plan curricular

El objetivo de esta encuesta es analizar las opiniones de un profesor o profesora de la carrera de Ingeniería del Software de la Universidad Técnica Nacional de Alajuela, Sede Central y el interés hacia los vehículos aéreos no tripulados como parte del plan curricular de la carrera. Esto con el fin de identificar los conceptos que podrían integrarse durante la acción docente.

La información presentada es y será estrictamente confidencial y se utilizará únicamente con fines académicos. Gracias por su comprensión

 **fexlee29@gmail.com** (not shared) [Switch account](#)



Next

Clear form

Ilustración 26. Introducción a la encuesta

Experiencias

1. Nivel(es) académico(s) en la que se ha desempeñado como profesor(a). Puede marcar más de una opción: *

- Diplomado
- Bachillerato
- Licenciatura

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en docencia Universitaria? *

- Menos de 5 años
- 6 a 10 años
- 11 años o más

3. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el área de la disciplina? *

- Menos de 5 años
- 6 a 10 años
- 11 años o más

4. ¿Cuáles de los siguientes lenguajes de programación conoce actualmente? *

- Python
- C#
- JavaScript
- Java
- Objective C

Back

Next

Clear form

Ilustración 27. Preguntas introductorias, conocimiento y experiencias.

Dronótica

5. ¿Ha escuchado sobre la dronótica o el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación? *

Sí

No

[Back](#) [Next](#) [Clear form](#)

Ilustración 28. Pregunta de conocimiento para redirigir

Dronótica

Sí he escuchado sobre la dronótica

5.1.1. ¿Ha creado algún proyecto o aplicación programada que involucre un dron? *

Sí

No

5.1.2. ¿Conoce algún marco de trabajo (framework) o API que pueda ser utilizado en una aplicación para controlar un dron? *

Sí

No

5.1.3. ¿Conoce los componentes básicos para armar un dron? *

Sí

No

[Back](#) [Next](#) [Clear form](#)

Ilustración 29. Sección en donde el docente conoce el concepto de la dronótica

Beneficios de la dronótica

5.1.4. Como profesor(a), por favor califique según su experiencia, el nivel de acuerdo o desacuerdo de las siguientes afirmaciones con respecto a la dronótica:

- 1 (Totalmente en desacuerdo)
- 2 (En desacuerdo)
- 3 (Ni de acuerdo, ni en desacuerdo)
- 4 (De acuerdo)
- 5 (Totalmente de acuerdo)

La dronótica puede llegar a aumentar la motivación de los estudiantes ya que es una tecnología nueva que incentiva el querer tener más conocimiento sobre ella.

*

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

La dronótica puede llegar a incrementar la capacidad de concentración en el tema. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Ilustración 30 Beneficios de la dronótica primera parte

La dronótica puede llegar a ayudar en el desarrollo de la motricidad y la coordinación. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

La dronótica puede llegar a favorecer el pensamiento lógico. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

La dronótica puede llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de problemas. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

[Back](#) [Next](#) [Clear form](#)

Ilustración 31. Beneficios de la dronótica segunda parte

Dronótica

Según Blanca Cavazos (2015) la dronótica es un concepto nuevo que fue utilizado a referirse al aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación.

5.2.1. ¿Le gustaría poder conocer más sobre el aprendizaje de la robótica aérea en conjunto con la programación? *

- Sí
- No

5.2.2. ¿Sabía que los drones actualmente se utilizan mucho en diversas y grandes empresas del mundo? *

- Sí
- No

Back

Next

Clear form

Ilustración 32. Sección en donde el docente no conoce el concepto de la dronótica

Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología

5.2.3. Como profesor(a), por favor califique según su experiencia, el nivel de acuerdo o desacuerdo de las siguientes afirmaciones con respecto al aprendizaje a una nueva tecnología:

- 1 (Totalmente en desacuerdo)
- 2 (En desacuerdo)
- 3 (Ni de acuerdo, ni en desacuerdo)
- 4 (De acuerdo)
- 5 (Totalmente de acuerdo)

Puede llegar a aumentar la motivación de los estudiantes mediante el incentivo por querer tener mayor conocimiento sobre una nueva tecnología. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Puede llegar a incrementar la capacidad de concentración en el tema. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Ilustración 33. Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología primera parte

Puede llegar a favorecer el pensamiento lógico. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Puede llegar a fomentar el aprendizaje por proyectos y resolución de nuevos problemas. *

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Back Next Clear form

Ilustración 34. Beneficios del aprendizaje de una nueva tecnología segunda parte

Conocimientos

6. ¿Sabía que existe un reglamento a seguir, en Costa Rica, para poder volar un dron? *

Sí

No

7. De 1 al 5, ¿qué tanto le gustaría que la dronótica se incorpore como tema en la carrera de Ingeniería del Software? *

1 2 3 4 5

No me gustaría Sí me gustaría

8. ¿Estaría dispuesto(a) a recibir una capacitación de la dronótica para impartir el curso en la Universidad? *

Sí

No

Back Next Clear form

Ilustración 35. Sección de conocimiento última parte

Anexo 3: Cronograma de trabajo

Id.	Nombre de tarea	Encargado	Comienzo	Fin	Duración	2020												2021			
						ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.	ene.	feb.	mar.	abr.
1	Investigación dirigida	Félix Lee Pan	13/1/2020	24/4/2020	15s	[Barra amarilla]															
2	Aprobación del tema	Félix Lee Pan	1/5/2020	29/5/2020	4s 1d	[Barra amarilla]															
3	Inicio con tutor	Tutor	1/6/2020	30/6/2020	4s 2d	[Barra amarilla]															
4	Capítulo I	Félix Lee Pan	1/6/2020	30/6/2020	4s 2d	[Barra amarilla]															
5	Capítulo II	Félix Lee Pan	1/7/2020	31/8/2020	8s 4d	[Barra amarilla]															
6	Capítulo III	Félix Lee Pan	1/7/2020	31/7/2020	4s 3d	[Barra amarilla]															
7	Recopilación de información	Félix Lee Pan	3/8/2020	30/10/2020	13s	[Barra amarilla]															
8	Capítulo IV	Félix Lee Pan	2/11/2020	30/11/2020	4s 1d	[Barra amarilla]															
9	Capítulo V	Félix Lee Pan	1/12/2020	31/12/2020	4s 3d	[Barra amarilla]															
10	Capítulo VI	Félix Lee Pan	1/1/2021	29/1/2021	4s 1d	[Barra amarilla]															
11	Aprobación del tutor	Tutor	1/1/2021	29/1/2021	4s 1d	[Barra amarilla]															
12	Aprobación del lector	Lector	1/2/2021	26/2/2021	4s	[Barra amarilla]															
13	Revisión filólogo	Filólogo	2/3/2021	31/3/2021	4s 2d	[Barra amarilla]															
14	Defensa de TFG	Félix Lee Pan	1/4/2021	30/4/2021	4s 2d	[Barra amarilla]															

Ilustración 36. Cronograma de trabajo

Trabajo Final de Graduación

Acta No. 002

Acta de la sesión **No. 002**, del día jueves 14 de julio del 2022 a partir de las 18:00 horas, en periodo del segundo cuatrimestre, y en la que el Tribunal Evaluador recibe la sustentación del proyecto de graduación, realizado por el estudiante: **Félix Lee Pan**, portador de la cédula: **116520058**, quien opta por el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería del Software, sita, en la Universidad Técnica Nacional, presentando el trabajo final de graduación con el tema:

“PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LA DRONÓTICA EN EL PLAN CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL, SEDE CENTRAL, COSTA RICA”

Preside el Tribunal la señora Directora de Carrera de Ingeniería del Software, MGT. Ana Cecilia Odio Ugalde, junto con la participación del **MAU. Luis Guillermo Alvarado Quesada**, tutor del trabajo final de graduación, **Ing. Cristhian Garita Fonseca e Ing. Jayson Monterroso Monzón**, lectores del trabajo final de graduación.

La señora presidenta del Tribunal manifiesta que los miembros del mismo leyeron el informe, que el estudiante acogió las recomendaciones indicadas y en consecuencia se procede a recibir la sustentación correspondiente, en la que el estudiante realiza su exposición, sujeto al tiempo establecido. Terminada la misma, se procede a externar comentarios pertinentes al trabajo presentado, se formulan preguntas que fueron respondidas por parte del estudiante de manera exitosa.

Concluida la sustentación, el Tribunal, se solicita al estudiante retirarse de la reunión para proceder a la votación secreta. La votación da como resultado: **Aprobado**. Con nota de: **9.3**

De nuevo en la reunión, la señora presidenta le comunica el resultado declarando que ya es: Licenciado en Ingeniería del Software, a la vez indica que, conforme a la normativa existente, debe revisar el Reglamento de Trabajos Finales de Graduación de la Universidad Técnica Nacional (disponible en la página web de la UTN), específicamente en el Capítulo

IV, Artículos 38 y 40, donde se indica el procedimiento a seguir para efectuar la entrega de los ejemplares físicos y digitales. Se le recuerda también la obligación de presentarse al ACTO DE GRADUACIÓN, al que será convocado oportunamente. Se cierra la sesión a las: 19:00 horas del 14 de julio del presente año.

Félix Lee Pan
Estudiante

Ing. Cristhian Garita
Fonseca
Miembro del Tribunal
Evaluador
Lector

MAU. Luis Guillermo Alvarado
Quesada
Miembro del
Tribunal Evaluador
Tutor

Ing. Jayson
Monterroso Monzón
Miembro del Tribunal
Evaluador
Lector

MGT. Ana Cecilia Odio Ugalde
Directora de Carrera