

BEEBLOCKS solución educativa para la programación de drones con bloques BEEBLOCKS educational solution for programming drones with blocks

A. Ibarra-Paz ^{a,*}, M. Mendoza-García ^a, M. Torres-Rivera ^a, G. Ramírez-Villa ^a

^a Universidad Aeronáutica en Querétaro, Carr. Querétaro-Tequisquiapan 22154, 76278, Querétaro, México.

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de una aplicación educativa para la programación visual de drones DJI mediante bloques, integrando Google Blockly con el SDK v5 de DJI. La herramienta está diseñada para facilitar la enseñanza de conceptos computacionales en entornos STEM, permitiendo a los usuarios controlar drones a través de bloques como *Takeoff*, *Land*, *Wait* y *Enable Movement*. Se empleó una arquitectura modular dividida en interfaz visual, conversión de bloques a JSON y ejecución de comandos. Las pruebas con el DJI Mini Pro 4 validaron la comunicación efectiva y la ejecución precisa de los comandos. Los resultados confirman la viabilidad de la propuesta como recurso didáctico adaptable y escalable.

Palabras clave: programación por bloques, DJI SDK v5, educación STEM, control de drones, interfaz visual.

Abstract. This work presents the development of an educational application for visual drone programming using blocks, integrating Google Blockly with DJI's SDK v5. The tool is designed to teach computational thinking in STEM environments, enabling users to control drones through blocks such as *Takeoff*, *Land*, *Wait*, and *Enable Movement*. A modular architecture was implemented, consisting of a visual interface, block-to-JSON conversion, and command execution. Tests using the DJI Mini Pro 4 validated effective communication and precise execution. Results confirm the feasibility of the proposed solution as an adaptable and scalable educational resource.

Keywords: block-based programming, DJI SDK v5, STEM education, drone control, visual interface.

1. Introducción

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés), comúnmente conocidos como drones, han revolucionado múltiples sectores de la sociedad contemporánea (Flores y Wood, 2015). Su versatilidad, maniobrabilidad y capacidad para operar en entornos remotos o de difícil acceso los ha posicionado como herramientas clave en diversas aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Misiones de búsqueda y rescate en zonas de desastre. (Grogan *et al.*, 2018)
- Evaluación y monitoreo de fenómenos naturales.
- Agricultura de precisión mediante sensores y cámaras especializadas. (Rejeb *et al.*, 2022)
- Producción audiovisual y fotografía aérea profesional. (Cheng, 2015)

- Tareas de vigilancia, inspección industrial y cartografía.

El avance acelerado de la tecnología ha permitido la miniaturización de componentes, mejoras en la autonomía de vuelo y, especialmente, una reducción significativa en los costos de producción. Esto ha favorecido la expansión del uso de drones más allá de entornos industriales, abriendo oportunidades en áreas como la educación, el entretenimiento y la investigación académica.

En el ámbito educativo, los drones han demostrado ser herramientas altamente efectivas para promover el aprendizaje activo y el desarrollo del pensamiento computacional (Rodríguez *et al.*, 2020). Su integración en actividades pedagógicas permite contextualizar conceptos abstractos mediante experiencias prácticas, incrementando la motivación de los estudiantes y facilitando la comprensión de disciplinas clave como ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) (Sattar, 2017).

*Autor para correspondencia: 11172@soyunaq.mx

Correo electrónico: 11172@soyunaq.mx (Andrés Emilio Ibarra-Paz), montsemengar@gmail.com (Montserrath Mendoza-García), moises.torres@unaq.mx (Moisés Torres-Rivera), goretti.ramirez@unaq.mx (Goretti Ramírez-Villa).

Actualmente, existen plataformas de programación visual que permiten controlar drones mediante bloques de código, lo que elimina barreras asociadas a la complejidad de lenguajes textuales (Resnick *et al.*, 2009). Ejemplos representativos de estas soluciones son Tello Scratch, Tynker y DroneBlocks, que han sido ampliamente utilizadas en instituciones educativas de nivel básico y medio superior.

Estas plataformas operan principalmente con dos modelos de drones accesibles: el *DJI Ryze Tello* y el *Parrot Mambo Education Drone*, cuyas características técnicas y facilidad de uso los convirtieron en estándares de facto en entornos formativos.



Figura 1: DJI Ryze Tello Drone



Figura 2: Parrot Mambo Education Drone

Sin embargo, ambos modelos han sido discontinuados, lo que ha generado una limitación considerable en la adquisición de estos dispositivos, así como en la actualización de sus entornos de desarrollo. Esta situación afecta directamente a las escuelas y programas educativos que dependen de estas herramientas para implementar estrategias didácticas modernas.

Ante esta problemática, el presente trabajo propone el desarrollo de una aplicación educativa para dispositivos Android que permita la programación de drones modernos mediante una interfaz basada en bloques. Esta herramienta está diseñada para ser compatible con los modelos DJI de última generación (Matrice 4D Enterprise Series, DJI Mini 4 Pro, DJI Mini 3 Pro, DJI Mini 3, Mavic 3 Enterprise Series, M30 Series, M300 RTK y Matrice 350 RTK), a través de la integración del SDK V5 de DJI y la tecnología de programación visual Google Blockly (Google Developers, 2025).

El objetivo principal es ofrecer una solución accesible, modular y escalable que permita a estudiantes y usuarios principiantes ejecutar maniobras de vuelo sin requerir conocimientos previos en lenguajes de programación textual. De esta manera, se busca fortalecer el desarrollo de habilidades computacionales y promover vocaciones STEM, facilitando el acceso a tecnologías avanzadas de programación y control de vehículos aéreos no tripulados.

1.1. Antecedentes

La incorporación de drones en contextos educativos ha adquirido una creciente relevancia como estrategia innovadora para enseñar conceptos fundamentales de ciencia y tecnología. (Pergantis y Drigas, 2024). Su uso ha demostrado ser eficaz no solo para despertar el interés en materias técnicas, sino también para introducir a los estudiantes en principios básicos de programación, robótica, electrónica y control automático.

Particularmente, los entornos de programación visual han facilitado esta integración, al reducir la curva de aprendizaje y permitir que estudiantes sin experiencia previa desarrollen secuencias lógicas y algorítmicas de manera intuitiva. Herramientas como DroneBlocks han evidenciado su efectividad en este ámbito (Hughes *et al.*, 2019), al emplear modelos como el DJI Tello en actividades escolares orientadas al desarrollo del pensamiento computacional.

No obstante, la discontinuación de drones como el Tello EDU y los Parrot Mambo ha impuesto un obstáculo considerable. Muchas instituciones han visto comprometida la continuidad de sus programas educativos por la falta de disponibilidad de hardware compatible, lo que ha motivado la búsqueda de soluciones alternativas que permitan aprovechar drones comerciales vigentes.

En este contexto, surge la necesidad de crear nuevas herramientas que integren plataformas visuales como Google Blockly con SDKs abiertos de fabricantes reconocidos, como DJI. Esta aproximación permitiría reutilizar y escalar los entornos educativos previos, pero con soporte para nuevos dispositivos.

Los sistemas educativos con drones exitosos comparten tres principios fundamentales:

- **Compatibilidad con diversos modelos de hardware:** La flexibilidad del sistema debe permitir su funcionamiento con múltiples drones sin depender de un único modelo.
- **Interfaz simplificada pero potente:** La experiencia del usuario debe ser accesible para principiantes, sin limitar el acceso a funcionalidades avanzadas.
- **Transición progresiva hacia programación textual:** Debe facilitar el paso natural desde la programación por bloques hacia lenguajes como Python o Kotlin, apoyando el crecimiento técnico del usuario.

La solución propuesta en este trabajo responde a estos principios mediante el diseño de una aplicación educativa que permite el control de drones DJI modernos, basada en una arquitectura modular que traduce bloques visuales en comandos ejecutables utilizando el SDK v5. Esta propuesta busca convertirse en una plataforma formativa actualizada, robusta y adaptada a las necesidades del entorno educativo actual.

2. Metodología

La presente investigación se fundamenta en el método científico, estructurando su desarrollo en cinco fases principales: observación, planteamiento del problema, hipótesis, experimentación y validación. Esta metodología permitió una aproximación sistemática al diseño, desarrollo e implementación de

una aplicación educativa basada en programación por bloques para drones DJI mediante el SDK v5.

2.1. Observación y planteamiento del problema

Se identificó que, aunque existen plataformas como Tello Scratch y DroneBlocks, su uso está limitado a drones discontinuados como el DJI Ryze Tello y el Parrot Mambo. Esto ha generado un vacío tecnológico para entornos educativos que buscan enseñar programación de drones de forma intuitiva y accesible. A partir de esta observación, se planteó la necesidad de crear una herramienta compatible con drones actuales, específicamente con modelos DJI que utilizan el SDK v5.

2.2. Formulación de la hipótesis

Se estableció la hipótesis de que una aplicación móvil basada en programación por bloques, construida en Android Studio e integrada con Google Blockly y el SDK v5 de DJI, facilitaría el aprendizaje de programación en estudiantes sin experiencia previa, mejorando su comprensión de conceptos computacionales, su motivación y su capacidad de aplicar conocimientos teóricos en situaciones reales.

2.3. Diseño e implementación de la solución

El diseño de la aplicación se enfocó en ofrecer una experiencia de programación visual intuitiva mediante la integración de Google Blockly. Se desarrollaron bloques personalizados que representan acciones clave del dron, tales como *Takeoff*, *Land*, *Wait* y *Enable Movement*. Cada bloque fue enlazado directamente con funciones específicas del SDK v5 de DJI, permitiendo traducir la lógica visual definida por el usuario en comandos ejecutables de control de vuelo.

La Figura 3 ilustra el flujo de comunicación entre los módulos de la aplicación. El usuario interactúa con la interfaz visual construida sobre Blockly, cuya salida es un conjunto de instrucciones JSON. Estas son transferidas desde el entorno JavaScript hacia el código Kotlin mediante una interfaz `@JavascriptInterface`, donde posteriormente son interpretadas y ejecutadas a través de la clase `DroneActionExecutor.kt`, la cual emplea el SDK DJI para controlar el comportamiento del dron en tiempo real.

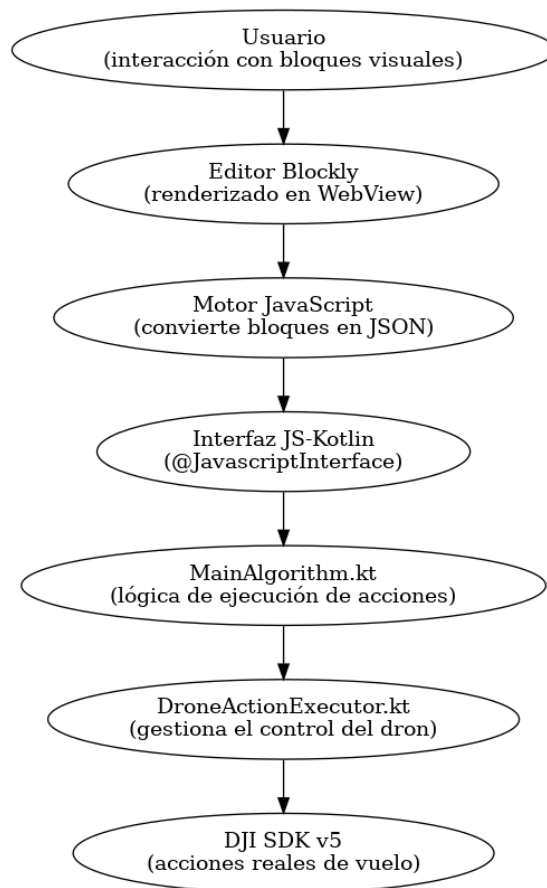


Figura 3: Flujo de comunicación entre Blockly y el SDK DJI dentro de la aplicación.

La identidad visual de la aplicación también fue diseñada considerando el público objetivo. El logotipo (Figura 4) combina elementos gráficos que aluden a la programación por bloques y la robótica aérea, reforzando el enfoque educativo de la herramienta. La elección de la abeja ("Bee") se utiliza para evocar el sonido de zumbido o zángano que emiten los drones en vuelo, estableciendo una relación sonora y directa con el vehículo aéreo no tripulado (UAV).

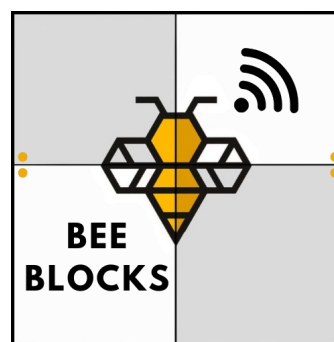


Figura 4: Logotipo de la aplicación BeeBlocks.

La implementación técnica se realizó en Android Studio, aprovechando su compatibilidad con el SDK de DJI y su integración con WebView para desplegar Blockly. Se estructuró la arquitectura del proyecto en tres módulos principales:

- **Interfaz de usuario (UI):** Renderiza y permite manipu-

lar los bloques visuales.

- **Generador de código:** Convierte los bloques en una secuencia de instrucciones JSON.
- **Módulo de ejecución:** Interpreta las instrucciones JSON y ejecuta las acciones correspondientes mediante el SDK DJI.

2.4. Experimentación y pruebas funcionales

Para validar la funcionalidad de la aplicación, se ejecutaron pruebas controladas con un *DJI Mini Pro 4* en un entorno abierto y libre de interferencias. Las pruebas evaluaron tres aspectos críticos: (1) la comunicación entre la app y el dron y (2) la precisión en la ejecución de comandos.

Comunicación App-Dron: Se verificó la efectividad del canal de comunicación en un entorno controlado, demostrando que:

- **Eficacia en la transmisión:** Todos los comandos enviados desde la interfaz de bloques fueron recibidos e interpretados correctamente por el dron, sin pérdida de paquetes de datos.
- **Eficiencia en tiempo real:** La latencia entre el envío del comando y su ejecución física fue oscilando en los 5s, permitiendo una respuesta inmediata del dron.
- **Robustez en condiciones controladas:** El sistema mantuvo una conexión estable en el rango completo de operación (8x8x8 m), sin interferencias ni desconexiones durante las pruebas.

Estos resultados confirman que la integración mediante el SDK V5 garantiza una comunicación fiable para aplicaciones educativas.

Precisión de comandos: Se evaluó la ejecución de los comandos básicos del dron definidos en la aplicación:

- **Takeoff drone:** Validación del despegue automático y estabilización a 1 m de altura.
- **Land drone:** Verificación del aterrizaje suave y preciso.
- **Wait X seconds:** Con la facilidad de poder ejecutar cualquier rango de tiempo entre 1-60s.
- **Movement Enable:** Pruebas de habilitación de *Virtual Sticks* del SDK para control manual (sin integración con bloques de movimiento autónomo).

3. Resultados

Las pruebas realizadas demostraron el correcto funcionamiento del sistema integrado. Se verificó que la aplicación desarrollada permite una comunicación efectiva con el dron DJI Mini Pro 4, donde el tiempo de respuesta entre el envío de comandos mediante bloques y la ejecución por parte del dron fue de aproximadamente 5 segundos. Este lapso, aunque superior al esperado inicialmente, resultó consistente en todas las pruebas realizadas y permitió una interacción fluida para fines educativos.

Se utilizó la heurística de Nielsen (Zyla, Kamil and Chwalaba, Kinga and Choma, Dominik, 2024) para evaluar la interacción humano-interfaz de la aplicación. Demostrando de esta manera ser intuitiva y funcional. La interfaz gráfica de la aplicación (mostrada en las figuras 5 y 6) permite la creación de secuencias de vuelo básicas mediante el sistema de bloques. Particularmente, se confirmó que todos los comandos disponibles: Takeoff, Land, Wait y Movement Enable, fueron interpretados y ejecutados correctamente por el dron en cada prueba realizada en el entorno controlado.

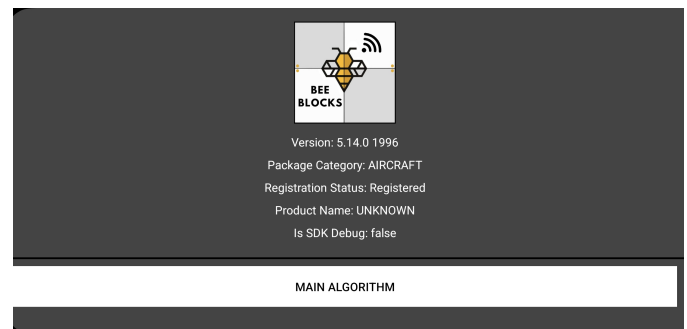


Figura 5: Interfaz inicial de la App BeeBlocks

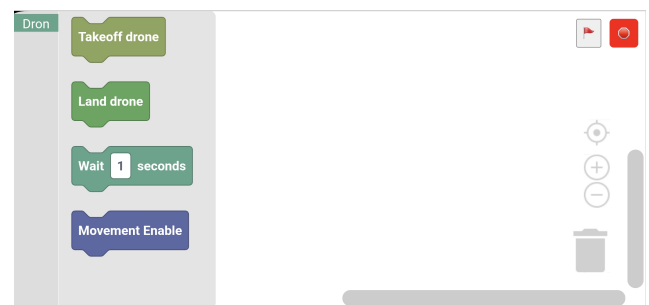


Figura 6: Interfaz para programación a bloques en BeeBlocks

La funcionalidad y la comunicación efectiva con el hardware se demuestran mediante la secuencia de programación básica (Figura 7) de despegue y aterrizaje. Esta secuencia, al ser enviada al DJI Mini Pro 4 como se muestra en la figura 8, resulta en la maniobra de vuelo capturada en la figura 9

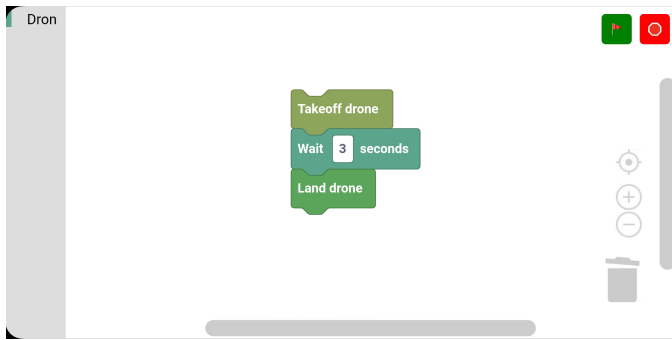


Figura 7: Prueba de funcionalidad de secuencia *Takeoff drone* - *Wait (3) seconds* - *Land drone*.



Figura 9: Ejecución de la secuencia a bloques con el drone DJI Mini Pro 4.

4. Conclusiones

El desarrollo de esta aplicación representa un avance significativo en la democratización del acceso a la programación de drones en contextos educativos, al ofrecer una herramienta intuitiva, funcional y compatible con modelos actuales como el DJI Mini Pro 4, utilizando el SDK v5. La integración de Google Blockly permitió simplificar la lógica computacional, acercando a los estudiantes al pensamiento algorítmico sin requerir experiencia previa en lenguajes de programación textual. Si bien el sistema presenta un tiempo de respuesta promedio de cinco segundos, esta limitación no impidió la ejecución efectiva de las maniobras programadas, lo que demuestra que la propuesta es viable y funcional como recurso didáctico. Este aspecto, sin embargo, abre la posibilidad de mejora a través de optimizaciones en el código de traducción de bloques a instrucciones del SDK, así como en el manejo de la comunicación con el dron.

El diseño modular de la plataforma respalda su escalabilidad, ya que permite adaptar la arquitectura a otros modelos de drones. La interfaz visual contribuye a eliminar barreras técnicas sin comprometer el control básico del vuelo, lo cual se confirmó durante las pruebas realizadas con estudiantes, en las que se observó un incremento en el interés, la comprensión de conceptos y la participación activa.

En trabajos futuros se contempla la incorporación de comandos más avanzados, tales como reconocimiento de imágenes, control de cámara o ejecución de misiones autónomas, así como la optimización de los tiempos de ejecución mediante



Figura 8: Imagen de conexión principal, con reconocimiento del drone DJI Mini Pro 4 con la app BeeBlocks.

mejoras en los procesos internos. También se prevé la realización de pruebas longitudinales en distintos entornos educativos, con el fin de evaluar el impacto de esta herramienta en el desarrollo de habilidades relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Además, se plantea explorar versiones multiplataforma que amplíen el acceso a más usuarios, fortaleciendo el enfoque inclusivo y formativo del proyecto.

Referencias

- Cheng, E. (2015). *Aerial photography and videography using drones*. Peachpit Press.
- Floreano, D. y Wood, R. J. (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521(7553):460–466.
- Google Developers (2025). Blockly. Consultado el 30 de junio de 2025.
- Grogan, S., Pellerin, R., y Gamache, M. (2018). The use of unmanned aerial vehicles and drones in search and rescue operations—a survey. *Proceedings of the PROLOG*, pp. 1–13.
- Hughes, S., Burden, K., y Wideman, H. (2019). Using programmable drones to teach computing in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 141:103602.
- Pergantis, P. y Drigas, A. (2024). The effect of drones in the educational process: A systematic review. *Education Sciences*, 14(6):665.
- Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., y Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and electronics in agriculture*, 198:107017.
- Resnick, Mitchel and Maloney, John and Monroy-Hernández, Andrés and Rusk, Natalie and Eastmond, Evelyn and Brennan, Karen and Millner, Amon and Rosenbaum, Eric and Silver, Jay and Silverman, Brian and others (2009). *Scratch: Programming for all*, volumen 52. ACM.
- Rodríguez, L., Martínez, M., y Torres, D. (2020). Drones en la educación stem: experiencias en el aula de secundaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (26):51–59.
- Sattar, F. (2017). Droning the pedagogy: Future prospect of teaching and learning. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 11:1622–1627.
- Zyla, Kamil and Chwaleba, Kinga and Choma, Dominik (2024). Evaluating usability and accessibility of visual programming tools for novice programmers the case of app inventor, scratch, and starlogo. *Applied Sciences*, 14(21).