



DRONES EDUCATIVOS

REVOLUCIONANDO EL AULA
AULA CON TECNOLOGÍA



Colección de Innovación Educativa - Volumen I



Diseño
Inclusivo
personalizado

Para todos y cada UNO

Presentación y objetivos del documento

La incorporación de drones educativos en contextos docentes representa una oportunidad especialmente valiosa para acercar al alumnado a la robótica, la programación, la electrónica, la inteligencia artificial y el pensamiento computacional mediante experiencias prácticas, motivadoras y directamente observables. En este marco, la familia de drones DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent constituye una plataforma de bajo coste, tamaño reducido y manejo relativamente sencillo, adecuada para introducir actividades STEAM en diferentes niveles educativos.

Este documento nace con la finalidad de recopilar, ordenar y consolidar la documentación generada hasta el momento sobre el uso educativo del DJI Tello y sus variantes, evitando la pérdida de materiales dispersos y ofreciendo una estructura clara para su consulta, actualización y publicación. Para ello, se propone una organización diferenciada en dos grandes bloques: por un lado, un manual técnico orientado al conocimiento del dispositivo, sus características, su puesta en marcha, su operación segura y sus posibilidades de programación; y, por otro, una guía didáctica dirigida al profesorado, centrada en la planificación de actividades, la organización del aula, la evaluación y la integración curricular.

El propósito principal no es únicamente explicar cómo se pilota o programa un dron, sino proporcionar al profesorado un recurso completo para utilizarlo con sentido pedagógico. El dron debe entenderse como un medio para aprender, no como un fin en sí mismo. Su valor educativo reside en que permite transformar conceptos abstractos —como secuencia, coordenadas, velocidad, distancia, sensores, algoritmos, condiciones o retroalimentación— en acciones visibles y analizables. Cuando el alumnado programa una trayectoria, corrige un error de vuelo, mide una desviación o ajusta una instrucción, está aplicando de forma integrada conocimientos de matemáticas, física, tecnología e informática.

Desde esta perspectiva, el documento persigue los siguientes objetivos generales:

1. Presentar una visión técnica ordenada del DJI Tello, Tello EDU y Tello Talent, incluyendo sus componentes principales, características de vuelo, sensores, cámara, batería, conectividad, limitaciones y recursos de programación.
2. Facilitar al profesorado una guía de puesta en marcha que permita utilizar el dron con seguridad, incluso en el caso de docentes sin experiencia previa en drones o robótica aérea.
3. Establecer recomendaciones básicas de seguridad, mantenimiento, privacidad y uso responsable, especialmente relevantes en entornos escolares, donde deben considerarse la protección del alumnado, la delimitación del espacio de vuelo, el uso de protectores de hélices, la supervisión docente y el respeto a la normativa aplicable.
4. Organizar propuestas didácticas progresivas que permitan trabajar desde actividades iniciales de pilotaje y programación por bloques hasta proyectos más avanzados con Python, SDK, sensores, Mission Pads, visión artificial o vuelo coordinado.
5. Relacionar el uso del dron con competencias educativas clave, como la competencia digital, el pensamiento computacional, la resolución de problemas,

- el trabajo en equipo, la comunicación, la creatividad, la iniciativa personal y la capacidad de aprender mediante ensayo, error y mejora iterativa.
6. Proporcionar una base documental reutilizable para futuras acciones formativas, prácticas de laboratorio, proyectos STEAM, actividades de innovación docente, trabajos de fin de grado o experiencias de transferencia educativa.
 7. Crear una estructura estable de publicación que permita actualizar de forma independiente la parte técnica y la parte didáctica, evitando duplicidades y facilitando futuras versiones del material.

El documento se dirige principalmente a profesorado de Tecnología, Informática, Robótica, Física, Matemáticas, Educación STEAM y formación del profesorado. No obstante, también puede resultar útil para coordinadores de innovación educativa, responsables de laboratorios docentes, estudiantes universitarios y cualquier profesional interesado en introducir drones de pequeño formato como herramienta de aprendizaje activo.

La primera parte, concebida como manual técnico, permitirá conocer el dispositivo, preparar el vuelo, comprender sus limitaciones, revisar las condiciones de seguridad y explorar sus posibilidades de programación. Esta sección tendrá un carácter más descriptivo y operativo, de modo que pueda utilizarse como referencia rápida antes de una práctica o como documentación de apoyo para el mantenimiento del equipamiento.

La segunda parte, planteada como guía didáctica, se centrará en el uso educativo del dron. En ella se propondrán actividades adaptadas a diferentes niveles, pautas para organizar grupos de trabajo, criterios de evaluación, rúbricas, fichas de prácticas y orientaciones metodológicas. Esta sección pretende ayudar al profesorado a pasar de la mera demostración tecnológica a una experiencia de aprendizaje estructurada, evaluable y conectada con los objetivos curriculares.

En conjunto, esta publicación busca consolidar el trabajo realizado hasta el momento y convertirlo en un recurso abierto, coherente y útil para docentes. Su enfoque es eminentemente práctico, pero con una clara fundamentación pedagógica: aprender haciendo, aprender programando, aprender experimentando y aprender reflexionando sobre los resultados obtenidos. El uso educativo del DJI Tello no debe limitarse a la espectacularidad del vuelo, sino orientarse hacia la comprensión de la tecnología, el desarrollo de competencias y la formación de estudiantes capaces de diseñar, probar, analizar y mejorar soluciones técnicas en contextos reales o simulados.

Autor y Coordinador:

- Pedro Luis Sánchez Ortega

Colaboradores:

Equipo Escuela Politécnica Superior

- José M^a Cámara Nebreda:
- Fernando Rivas Navazo

Equipo de Facultad de Educación

- Rosa M^a Santamaría Conde
- Beatriz F. Núñez Angulo
- M^a Nieves Goicoechea Gómez
- Rafael Calvo de León.





I Parte. Manual Técnico

Layout/design

ISBN and year



Creative Commons License

Índice

I Parte. Manual Técnico	2
Capítulo 1. Introducción	10
1.1. Presentación	10
1.2. Objetivos del manual	10
1.3. Público objetivo	12
1.4. ¿Qué es el DJI Tello?	12
1.5. Versiones del dron: Tello, Tello EDU y Tello Talent	13
1.5.1. DJI Tello	13
1.5.2. DJI Tello EDU	14
1.5.3. DJI RoboMaster Tello Talent	15
1.6. Criterios de elección de la versión adecuada	16
1.7. Enfoque de uso en este manual	16
1.8. Consideraciones iniciales de seguridad	17
1.9. Alcance y límites del manual	18
1.10. Estructura del Volumen I	18
1.11. Cierre del capítulo	19
Capítulo 2. Hardware	21
2.1. Introducción al hardware de la familia DJI Tello	21
2.2. Identificación visual de componentes	21
2.2.1. Vista general del dron	21
2.3. Tabla de identificación de componentes principales	22
2.4. Componentes estructurales	25
2.4.1. Cuerpo principal	25
2.4.2. Brazos y soporte de motores	26
2.5. Sistema de propulsión	26
2.5.1. Motores	26
2.5.2. Hélices	27
2.5.3. Protectores de hélices	27
2.6. Sistema de energía	28
2.6.1. Batería de vuelo	28
2.6.2. Carga y conservación	28
2.7. Cámara y sistema de visión	29
2.7.1. Cámara frontal	29
2.7.2. Sistema de posicionamiento visual	29
2.8. Sensores principales	30
2.8.1. IMU y estabilidad	30
2.8.2. Barómetro y estimación de altura	30
2.8.3. Sensor ToF en Tello Talent	31
2.9. Conectividad y comunicación	31
2.9.1. Comunicación Wi-Fi	31
2.9.2. Uso de router en actividades avanzadas	32
2.10. Elementos específicos del Tello EDU	32
2.10.1. Orientación educativa del Tello EDU	32
2.10.2. Mission Pads	33
2.11. Elementos específicos del RoboMaster Tello Talent	33
2.11.1. Módulo de expansión	33
2.11.2. Matriz LED 8x8	34
2.11.3. LED RGB programable	34
2.11.4. Microcontrolador integrado	34
2.12. Tabla técnica comparativa: Tello, Tello EDU y Tello Talent	35
2.13. Interpretación didáctica de la tabla comparativa	37
2.14. Recomendaciones para inventario y gestión del hardware	38
2.15. Checklist de revisión física antes del vuelo	38
2.16. Recomendaciones para fotografías propias del manual	39
2.17. Cierre del capítulo	40
Capítulo 3. Puesta en marcha	42

3.1. Introducción	42
3.2. Objetivos del capítulo	42
3.3. Material necesario para la primera puesta en marcha	43
3.4. Preparación previa del docente	44
3.4.1. Primer contacto sin vuelo	44
3.4.2. Prueba de encendido y conexión	44
3.4.3. Primer vuelo del docente sin alumnado	45
3.5. Preparación de la batería	45
3.5.1. Inserción de la batería	45
3.5.2. Carga de la batería	45
3.5.3. Recomendaciones de seguridad con baterías	46
3.6. Instalación de la aplicación	46
3.6.1. Aplicación recomendada para iniciación	46
3.6.2. Instalación	46
3.7. Preparación del espacio de vuelo	47
3.7.1. Requisitos mínimos del espacio	47
3.7.2. Delimitación del área de vuelo	47
3.7.3. Superficie de despegue	48
3.8. Revisión física antes del vuelo	48
3.8.1. Checklist previo	48
3.9. Encendido del dron	49
3.10. Conexión Wi-Fi con el dron	49
3.11. Apertura de la aplicación y comprobación inicial	50
3.12. Primer vuelo de prueba	51
3.12.1. Secuencia recomendada	51
3.12.2. Control básico con palancas virtuales	51
3.13. Primera demostración con alumnado	52
3.14. Organización de turnos en una primera práctica	52
3.15. Cierre de la sesión	53
3.16. Tabla de tiempos para una primera sesión docente	53
3.17. Incidencias frecuentes en la puesta en marcha	54
3.17.1. El dron no enciende	54
3.17.2. El dispositivo móvil no encuentra la red Wi-Fi	54
3.17.3. La aplicación no muestra la cámara	54
3.17.4. El dron despegue, pero deriva	55
3.17.5. El dron no responde con precisión	55
3.17.6. El dron golpea un obstáculo	56
3.18. Puesta en marcha específica del Tello EDU	56
3.19. Puesta en marcha específica del Tello Talent	56
3.20. Protocolo de emergencia para principiantes	57
3.21. Normas básicas para alumnado en la primera sesión	57
3.22. Checklist final de puesta en marcha	58
3.23. Recomendaciones finales para docentes sin experiencia	59
3.24. Cierre del capítulo	60
Capítulo 4. Pilotaje	61
4.1. Introducción	61
4.2. Objetivos del capítulo	62
4.3. Principios básicos de pilotaje seguro	62
4.4. Orientación del dron	63
4.4.1. Parte frontal	63
4.4.2. Parte posterior	63
4.4.3. Recomendación inicial	63
4.5. Controles básicos de la aplicación	63
4.6. Despegue automático	64
4.7. Vuelo estacionario	64
4.8. Aterrizaje automático	65
4.9. Vuelo manual básico	65
4.9.1. Ascenso y descenso	66
4.9.2. Avance y retroceso	66
4.9.3. Desplazamiento lateral	66
4.9.4. Giro sobre el eje vertical	67
4.10. Maniobras controladas	67
4.10.1. Maniobra en línea recta	67

4.10.2. Maniobra de ida y vuelta	68
4.10.3. Maniobra lateral	68
4.10.4. Maniobra de giro controlado	68
4.10.5. Maniobra combinada en "L"	69
4.11. Modos de vuelo	69
4.11.1. Modo estándar	69
4.11.2. Modo rápido	70
4.12. Funciones automáticas y modos inteligentes	70
4.12.1. Bounce Mode	70
4.12.2. 8D Flips	70
4.12.3. EZ Shots	70
4.13. Fotografía y vídeo	71
4.13.1. Uso técnico de la cámara	71
4.13.2. Captura de fotografías	71
4.13.3. Grabación de vídeo	71
4.13.4. Privacidad y grabación en el aula	72
4.14. Primeros ejercicios de precisión	72
4.14.1. Ejercicio 1. Despegue, estabilización y aterrizaje	72
4.14.2. Ejercicio 2. Avance corto y regreso	73
4.14.3. Ejercicio 3. Cuadrado manual	73
4.14.4. Ejercicio 4. Giro hacia objetivos	73
4.14.5. Ejercicio 5. Fotografía de una marca	74
4.15. Organización del pilotaje con alumnado	74
4.16. Errores frecuentes de pilotaje	75
4.16.1. Mover demasiado los controles	75
4.16.2. Confundir orientación del dron	75
4.16.3. Volar demasiado alto	75
4.16.4. No aterrizar ante batería baja	75
4.16.5. Volar sobre superficies inadecuadas	75
4.16.6. Grabar sin planificación	75
4.17. Tabla de progresión recomendada	76
4.18. Evaluación básica del pilotaje	76
4.19. Recomendaciones para fotografía y vídeo educativo	77
4.20. Recomendaciones específicas para interiores	78
4.21. Recomendaciones específicas para exteriores controlados	78
4.22. Del pilotaje manual a la programación	79
4.23. Checklist de pilotaje para el aula	79
4.24. Cierre del capítulo	80
Capítulo 5. Seguridad	82
5.1. Introducción	82
5.2. Objetivos del capítulo	82
5.3. Principio general de seguridad	83
5.4. El Tello no debe tratarse como un juguete	83
5.5. Responsabilidades del docente	84
5.6. Responsabilidades del alumnado	84
5.7. Evaluación inicial de riesgos	85
5.8. Preparación del espacio de vuelo	85
5.9. Vuelo en interiores	86
5.10. Vuelo en exteriores controlados	87
5.11. Sistema de posicionamiento visual y condiciones del suelo	87
5.12. Seguridad frente a hélices y motores	88
5.13. Protectores de hélices	89
5.14. Seguridad de baterías	89
5.15. Seguridad durante la carga	90
5.16. Seguridad de la conexión Wi-Fi	90
5.17. Seguridad en modos de vuelo	91
5.18. Batería baja y aterrizaje seguro	92
5.19. Protocolos de emergencia	92
5.20. Botón de parada y comando de emergencia	93
5.21. Seguridad después de una colisión	93
5.22. Privacidad y uso de la cámara	94
5.23. Cumplimiento normativo	95
5.24. Roles de seguridad en el aula	95

5.25. Normas visibles en el aula	96
5.26. Checklist de seguridad antes del vuelo	96
5.27. Checklist durante el vuelo	97
5.28. Checklist después del vuelo	97
5.29. Registro de incidencias	98
5.30. Seguridad en actividades programadas	98
5.31. Seguridad con Mission Pads	99
5.32. Seguridad con Tello Talent y módulo de expansión	99
5.33. Seguridad en actividades con varios drones	100
5.34. Cultura de seguridad en el aula.....	101
5.35. Contrato didáctico de seguridad	101
5.36. Síntesis de normas esenciales	102
5.37. Cierre del capítulo	102
Capítulo 6. Resolución de problemas	103
6.1. Introducción	103
6.2. Criterio general de actuación.....	103
6.3. Tabla general de diagnóstico rápido	104
6.4. Problemas de encendido.....	105
6.4.1. El dron no enciende	105
6.4.2. El dron enciende, pero se apaga enseguida	105
6.5. Problemas de batería	106
6.5.1. La batería no carga.....	106
6.5.2. La batería dura muy poco.....	106
6.5.3. La batería se calienta demasiado	106
6.5.4. La batería está hinchada, deformada o dañada	107
6.6. Problemas de conexión Wi-Fi	107
6.6.1. El dispositivo móvil no encuentra la red Tello	107
6.6.2. El móvil se conecta, pero la aplicación no responde	108
6.6.3. La conexión se pierde durante el vuelo	108
6.6.4. Restablecimiento de la Wi-Fi del Tello	108
6.7. Problemas de aplicación móvil	109
6.7.1. La aplicación no se abre.....	109
6.7.2. La aplicación se cierra durante el vuelo.....	109
6.7.3. Aparecen advertencias en pantalla	109
6.8. Problemas de firmware	109
6.8.1. La aplicación solicita actualizar firmware.....	109
6.8.2. El dron se comporta de forma extraña tras actualizar	110
6.9. Problemas de hélices	110
6.9.1. El dron no despega correctamente.....	110
6.9.2. El dron vibra mucho	111
6.9.3. Una hélice se sale	111
6.10. Problemas de motores.....	111
6.10.1. Un motor no gira	111
6.10.2. Los motores se calientan	112
6.11. Problemas de estabilidad.....	112
6.11.1. El dron deriva hacia un lado	112
6.11.2. El dron sube o baja sin precisión	112
6.11.3. El dron entra en modo menos estable	113
6.12. Problemas de cámara	113
6.12.1. No aparece imagen en directo.....	113
6.12.2. La imagen aparece con retraso	113
6.12.3. Las fotos o vídeos no se guardan correctamente	114
6.13. Problemas de sensores	114
6.13.1. Los sensores inferiores no estabilizan bien	114
6.13.2. El sensor ToF del Tello Talent no responde como se espera	114
6.14. Problemas con Mission Pads.....	115
6.14.1. El dron no reconoce el Mission Pad.....	115
6.14.2. El comando con Mission Pad devuelve error	115
6.15. Problemas de programación por bloques.....	116
6.15.1. El programa no se ejecuta.....	116
6.15.2. El dron hace algo distinto a lo esperado	116
6.16. Problemas con SDK y Python	116
6.16.1. El dron no responde a comandos SDK	116

6.16.2. El comando devuelve error	117
6.16.3. El vídeo no aparece en Python/OpenCV	117
6.17. Problemas con Scratch	118
6.17.1. Scratch no muestra bloques de Tello	118
6.17.2. Los bloques aparecen, pero el dron no responde	118
6.18. Problemas tras un golpe o caída	118
6.18.1. El dron ha chocado contra un objeto	118
6.18.2. El dron parece bien, pero vuela peor tras el golpe	119
6.19. Problemas de comportamiento en aula	119
6.19.1. El alumnado se acerca demasiado	119
6.19.2. El piloto se distrae	119
6.20. Tabla de decisión: continuar, pausar o retirar	120
6.21. Registro de incidencias técnicas	120
6.22. Protocolo de revisión semanal del equipo	120
6.23. Protocolo de retirada temporal	121
6.24. Recomendaciones para docentes	121
6.25. Síntesis final de resolución de problemas	122
6.26. Cierre del capítulo	122
Capítulo 7. Programación	124
7.1. Introducción	124
7.2. Objetivos del capítulo	124
7.3. Antes de programar: condiciones previas	125
7.4. Progresión recomendada de aprendizaje	126
7.5. Programación visual por bloques	126
7.5.1. Ventajas didácticas	126
7.5.2. Primera secuencia programada	127
7.5.3. Segunda secuencia: avance corto	127
7.5.4. Trayectorias geométricas	128
7.6. Programación con Scratch	128
7.6.1. Sentido educativo de Scratch	128
7.6.2. Preparación básica del entorno Scratch	129
7.6.3. Problemas habituales en Scratch	129
7.7. Introducción al SDK	130
7.7.1. Qué es el SDK	130
7.7.2. Arquitectura básica de comunicación	130
7.7.3. Tipos de comandos	131
7.8. Comandos básicos del SDK	131
7.8.1. Comandos de inicio y finalización	131
7.8.2. Comandos de movimiento	132
7.8.3. Comandos de consulta	132
7.9. Primera práctica con SDK	132
7.10. Introducción a Python	133
7.10.1. Ventajas de Python	133
7.10.2. Estructura de un programa básico	134
7.10.3. Buenas prácticas con Python	134
7.11. Programación segura de vuelos	135
7.11.1. De la secuencia larga al programa estructurado	135
7.12. Mission Pads	136
7.12.1. Qué son los Mission Pads	136
7.12.2. Condiciones de uso	136
7.13. Comandos básicos para Mission Pads	137
7.13.1. Activar y desactivar detección	137
7.13.2. Comando go con Mission Pad	137
7.13.3. Comando curve	138
7.13.4. Comando jump	138
7.14. Primera práctica con Mission Pads	138
7.15. Programación con sensores en Tello Talent	139
7.15.1. Sensor ToF	139
7.15.2. Matriz LED	140
7.16. De los bloques a Python: equivalencias didácticas	140
7.17. Ejemplo didáctico completo: cuadrado programado	141
7.18. Errores frecuentes en programación	142
7.18.1. No incluir aterrizaje	142

7.18.2. Usar distancias demasiado grandes.....	142
7.18.3. No esperar respuesta del dron	142
7.18.4. Confundir giro y desplazamiento lateral	142
7.18.5. Olvidar la orientación inicial	143
7.18.6. No revisar batería	143
7.18.7. Asumir precisión perfecta	143
7.19. Seguridad específica en programación	143
7.20. Programación y depuración	144
7.21. Actividades progresivas recomendadas	144
7.22. Evaluación de actividades de programación	145
7.23. Recomendaciones para docentes sin experiencia previa	145
7.24. Propuesta de secuencia docente de tres sesiones.....	146
7.25. Cierre del capítulo	147
Capítulo 8. Recursos	149
8.1. Introducción	149
8.2. Objetivos del capítulo	149
8.3. Recursos oficiales prioritarios	149
8.3.1. Página oficial de descargas de Tello / Tello EDU.....	149
8.3.2. Página oficial de Tello EDU	150
8.3.3. DJI Education Hub.....	150
8.4. Manuales oficiales recomendados	151
8.5. Guía de inicio rápido	151
8.6. Manual de usuario	152
8.7. Guía de seguridad	152
8.8. SDK 2.0 User Guide	153
8.9. Mission Pad User Guide	154
8.10. Recursos para Scratch.....	155
8.11. Recursos para Python	155
8.12. Recursos para Tello Talent / RoboMaster TT	156
8.13. Recursos didácticos para el aula.....	157
8.14. Repositorio recomendado del centro	158
8.15. Enlaces técnicos recomendados.....	159
8.16. Bibliografía técnica básica	160
8.17. Bibliografía didáctica recomendada	160
8.18. Recomendaciones para actualización del manual	161
8.19. Documentos que conviene imprimir.....	162
8.20. Recursos mínimos para comenzar	162
8.21. Recursos avanzados para continuidad.....	163
8.22. Cierre del capítulo	163
II Parte. Guía Didáctica	165
Capítulo 1. Introducción educativa	166
1.1. Sentido pedagógico del uso de drones.....	166
1.2. Drones y aprendizaje STEAM	167
1.3. Pensamiento computacional	167
1.4. Robótica educativa.....	168
1.5. Competencias educativas	168
Capítulo 2. Organización del aula	169
2.1. Principios de organización	169
2.2. Material necesario	170
2.3. Espacios recomendados.....	170
2.4. Distribución del aula	171
2.5. Roles del alumnado	171
2.6. Normas básicas de aula	172
2.7. Organización temporal de una sesión	172
Capítulo 3. Secuencia didáctica general	173
3.1. Progresión recomendada	173
3.2. Secuencia mínima para docentes sin experiencia	173
3.3. Secuencia ampliada de seis sesiones	175
Capítulo 4. Actividades de iniciación	176
4.1. Actividad 1. Identificación del dron	176
4.2. Actividad 2. Checklist de vuelo	177
4.3. Actividad 3. Primer vuelo observado	177
4.4. Actividad 4. Avance y retroceso.....	178

4.5. Actividad 5. Fotografía de una marca	178
Capítulo 5. Programación por bloques	179
5.1. Introducción	179
5.2. Actividad 1. Despegar y aterrizar	179
5.3. Actividad 2. Avanzar una distancia	180
5.4. Actividad 3. Ida y vuelta	180
5.5. Actividad 4. Cuadrado programado	181
5.6. Actividad 5. Triángulo programado	182
5.7. Actividad 6. Reto de figuras	182
Capítulo 6. Programación avanzada	183
6.1. Introducción	183
6.2. Introducción al SDK	183
6.3. Primera práctica con SDK	184
6.4. Primera práctica con Python	184
6.5. Uso de Mission Pads	185
6.6. Actividad con coordenadas	185
6.7. Sensor ToF en Tello Talent	186
6.8. Introducción a visión artificial	186
6.9. Varios drones y enjambres	187
Capítulo 7. Proyectos STEAM	188
7.1. Proyecto 1. Dron geómetra	188
7.2. Proyecto 2. Dron mensajero	189
7.3. Proyecto 3. Dron explorador	189
7.4. Proyecto 4. Dron con evitación de obstáculos	190
7.5. Proyecto 5. Coreografía de drones	190
Capítulo 8. Actividades por niveles educativos	191
8.1. Educación Secundaria	191
8.2. Bachillerato	192
8.3. Universidad	192
8.4. Formación del profesorado	193
Capítulo 9. Evaluación	193
9.1. Principios de evaluación	193
9.2. Rúbrica general	194
9.3. Autoevaluación del alumnado	194
9.4. Coevaluación	194
9.5. Evaluación del cuaderno de laboratorio	195
Capítulo 10. Proyectos completos	195
10.1. Proyecto completo 1. Vuelo geométrico programado	195
10.2. Proyecto completo 2. Detección de obstáculos	196
10.3. Proyecto completo 3. Navegación con Mission Pads	197
10.4. Proyecto completo 4. Mini enjambre educativo	197
Anexos	198
Anexo I. Ficha de diseño de actividad	198
Anexo II. Ficha de práctica del alumnado	198
Anexo III. Checklist didáctico del docente	199
Anexo IV. Rúbrica breve para actividades con drones	199
Anexo V. Glosario didáctico	199
Cierre de II Parte	200

> Créditos de imagen

> Autoría de contenidos didácticos y textos: Pedro Luis Sánchez Ortega / Coordinación

> Ilustraciones y diseño gráfico generados con Inteligencia Artificial de Meta (Meta AI).

> Las imágenes incluidas en esta publicación han sido creadas artificialmente mediante prompts originales y no reproducen obras preexistentes ni personas reales identificables.

Su uso es exclusivo para esta edición educativa.

Capítulo 1. Introducción

1.1. Presentación

Esta I Parte constituye el **Manual Técnico** de la publicación dedicada al uso educativo de la familia de drones DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent. Su finalidad es ofrecer al profesorado, a los responsables de laboratorios docentes y a los usuarios en formación una referencia ordenada, comprensible y práctica sobre el dispositivo, sus componentes, sus posibilidades de uso y las precauciones necesarias para integrarlo de forma segura en contextos educativos.

El DJI Tello es un microdron de pequeño formato que, por sus dimensiones reducidas, facilidad de manejo, estabilidad de vuelo y compatibilidad con entornos de programación, se ha convertido en una plataforma especialmente adecuada para introducir al alumnado en la robótica aérea. A diferencia de otros drones de mayor tamaño o complejidad, el Tello permite trabajar conceptos técnicos relevantes sin exigir una infraestructura avanzada ni una experiencia previa elevada por parte del docente.

Desde un punto de vista educativo, su principal interés reside en que permite transformar contenidos abstractos en experiencias visibles. Un desplazamiento programado, un giro, una medición de distancia, una lectura de batería o una instrucción de aterrizaje dejan de ser únicamente conceptos escritos en una pantalla y se convierten en acciones físicas observables. Esta relación directa entre código, dispositivo y resultado convierte al dron en una herramienta especialmente útil para la enseñanza de programación, pensamiento computacional, sensores, sistemas de control, coordenadas, trayectorias, seguridad tecnológica y resolución de problemas.

Este manual no pretende sustituir a la documentación oficial del fabricante, sino organizarla y adaptarla a un contexto docente. Por ello, se prioriza una explicación progresiva, clara y orientada a la práctica. El documento está pensado para que un profesor pueda consultar rápidamente cómo preparar el equipo, qué elementos debe revisar antes de una sesión, qué limitaciones debe conocer y qué posibilidades técnicas ofrece cada versión del dron.

Esta parte se centra en los aspectos técnicos: descripción del hardware, puesta en marcha, conexión, pilotaje, seguridad, mantenimiento básico, resolución de incidencias y primeras posibilidades de programación. La planificación pedagógica, las actividades de aula, las rúbricas y las propuestas de evaluación se desarrollarán en la II parte, correspondiente a la **Guía Didáctica**.

1.2. Objetivos del manual

El objetivo general de este manual es proporcionar una base técnica sólida para el uso educativo del DJI Tello y sus variantes, de modo que el profesorado pueda preparar, manejar, mantener y programar el dron con seguridad y criterio.

De forma específica, este manual persigue los siguientes objetivos:

1. **Identificar las principales versiones de la familia Tello**, diferenciando entre el Tello estándar, el Tello EDU y el RoboMaster Tello Talent, así como sus posibilidades de uso en función del nivel educativo y de los recursos disponibles.
2. **Describir los componentes fundamentales del dron**, incluyendo estructura, motores, hélices, protectores, batería, cámara, sensores, sistema de posicionamiento visual, conectividad y elementos de expansión.
3. **Facilitar la puesta en marcha del equipo**, desde la carga inicial de la batería y la instalación de la aplicación hasta la conexión Wi-Fi, el primer encendido, la comprobación del estado del dron y la realización de un vuelo básico.
4. **Establecer pautas de operación segura**, especialmente en interiores, aulas, laboratorios, gimnasios u otros espacios docentes en los que convivan alumnado, mobiliario, equipos informáticos y otros elementos sensibles.
5. **Explicar las condiciones mínimas de vuelo**, prestando atención al espacio disponible, la iluminación, la superficie sobre la que se vuela, las interferencias Wi-Fi, el estado de la batería y la conveniencia de utilizar siempre protectores de hélices en entornos educativos.
6. **Presentar las posibilidades de programación**, desde el uso inicial de aplicaciones con programación por bloques hasta el empleo de SDK, Python, Scratch, Mission Pads o funciones avanzadas en las versiones educativas.
7. **Ayudar a prevenir errores frecuentes**, como pérdida de conexión, baja batería, despegues en espacios inadecuados, mala orientación del dron, uso sobre superficies reflectantes, problemas de calibración o montaje incorrecto de hélices.
8. **Servir como documento de referencia para futuras prácticas**, de modo que cada actividad didáctica pueda apoyarse en una base técnica común y no sea necesario repetir instrucciones operativas en cada ficha de trabajo.
9. **Favorecer un uso responsable de la tecnología**, incluyendo consideraciones sobre privacidad, grabación de imágenes, respeto a las personas, cumplimiento normativo y diferenciación entre un uso recreativo, formativo o experimental.
10. **Contribuir a la sostenibilidad del equipamiento**, mediante recomendaciones básicas de mantenimiento, almacenamiento, revisión de baterías, sustitución de hélices y conservación del material en condiciones adecuadas.

1.3. Público objetivo

Este manual está dirigido principalmente a **docentes que desean introducir drones educativos en sus clases** y necesitan una referencia técnica clara antes de diseñar actividades de aula. No se presupone experiencia previa en pilotaje de drones, robótica aérea o programación avanzada. Por ello, los conceptos se presentan de forma gradual y con un enfoque práctico.

Los destinatarios principales son:

- Profesorado de Tecnología, Digitalización, Informática, Robótica, Matemáticas, Física, Ciencias, Educación Plástica y otras materias vinculadas al enfoque STEAM.
- Profesorado universitario que desee utilizar el Tello como plataforma de prototipado en asignaturas de ingeniería, electrónica, informática, control, comunicaciones o formación del profesorado.
- Responsables de laboratorios docentes, aulas maker, espacios de innovación educativa o clubes de tecnología.
- Estudiantes universitarios que empleen el dron en prácticas, trabajos de fin de grado, trabajos de fin de máster o proyectos de investigación educativa.
- Coordinadores de proyectos STEAM, robótica educativa o innovación docente.
- Centros educativos que dispongan de drones Tello, Tello EDU o Tello Talent y necesiten organizar su uso de manera segura y documentada.

También puede resultar útil para usuarios con conocimientos técnicos previos que necesiten una visión ordenada de las posibilidades educativas del equipo. En ese caso, el manual puede servir como punto de partida para proyectos más avanzados relacionados con visión artificial, comunicaciones inalámbricas, programación distribuida, enjambres de drones o integración con otros sistemas.

1.4. ¿Qué es el DJI Tello?

El DJI Tello es un pequeño cuadricóptero desarrollado por Ryze Tech en colaboración con DJI, concebido como un dron ligero, estable y accesible para iniciarse en el vuelo, la captura básica de imágenes y la programación. Su tamaño reducido, su bajo peso y su facilidad de manejo permiten utilizarlo en espacios interiores controlados, siempre que se respeten las condiciones de seguridad necesarias.

A nivel técnico, el Tello incorpora una estructura compacta con cuatro motores, hélices protegibles mediante protectores, batería recargable, cámara frontal y sistema de posicionamiento visual. Este sistema de posicionamiento visual ayuda al dron a mantenerse estable en vuelo estacionario, especialmente en interiores, donde no se dispone de GPS. La estabilidad del vuelo es uno de los factores que lo hacen adecuado para uso educativo, ya que reduce la dificultad inicial y permite centrar la atención en los conceptos que se desean trabajar.

Desde la perspectiva del usuario principiante, el Tello puede manejarse mediante una aplicación móvil que permite despegar, aterrizar, desplazarse, girar, tomar fotografías y grabar vídeo. Para un primer contacto, esto permite entender el comportamiento básico del dron antes de pasar a actividades de programación.

Desde la perspectiva educativa, su valor aumenta cuando se utiliza como un sistema programable. El alumnado puede diseñar secuencias de órdenes, comprobar si el dron ejecuta correctamente el recorrido previsto, analizar desviaciones, corregir errores y comprender la relación entre una instrucción digital y una acción física. En este sentido,

el Tello no es únicamente un dispositivo de vuelo, sino una plataforma de aprendizaje sobre sistemas físicos programables.

El trabajo con drones de pequeño formato permite introducir progresivamente conceptos como:

- Algoritmo.
- Secuencia de instrucciones.
- Bucle.
- Condición.
- Coordenadas.
- Distancia.
- Velocidad.
- Giro.
- Altura.
- Sensor.
- Actuador.
- Señal inalámbrica.
- Control.
- Error.
- Depuración.
- Seguridad operacional.

Por todo ello, el DJI Tello resulta especialmente adecuado como primer dron educativo, siempre que se use en entornos delimitados, con supervisión docente y con actividades ajustadas al nivel del alumnado.

1.5. Versiones del dron: Tello, Tello EDU y Tello Talent

La familia Tello se ha desarrollado en diferentes versiones, cada una con posibilidades específicas. Aunque todas comparten una base común —pequeño tamaño, vuelo estable, manejo relativamente sencillo y orientación educativa—, es importante diferenciar sus características para seleccionar correctamente el equipo y diseñar actividades realistas.

1.5.1. DJI Tello

El DJI Tello estándar es la versión básica de la familia. Está orientado al vuelo recreativo, a la captura sencilla de imágenes y a la iniciación en el manejo de drones. Permite realizar vuelos manuales mediante aplicación móvil, tomar fotografías, grabar vídeo y ejecutar algunas funciones de vuelo predefinidas.

En el contexto educativo, el Tello estándar puede utilizarse para actividades iniciales de familiarización con el dron:

- Identificación de componentes.

- Normas de seguridad.
- Primer encendido.
- Conexión mediante Wi-Fi.
- Despegue y aterrizaje.
- Control mediante mandos virtuales.
- Comprensión de movimientos básicos.
- Introducción a la captura de imágenes.
- Observación del comportamiento del dron en distintos espacios.

Su principal ventaja es la sencillez. Permite que el alumnado y el profesorado se familiaricen con el comportamiento de un cuadricóptero sin introducir desde el primer momento una carga elevada de programación o configuración técnica.

No obstante, para actividades más completas de programación educativa, coordinación de misiones o uso de marcadores de vuelo, las versiones Tello EDU y Tello Talent resultan más adecuadas.

1.5.2. DJI Tello EDU

El DJI Tello EDU es una versión orientada específicamente a educación. Mantiene la filosofía de pequeño formato y vuelo estable, pero añade posibilidades relevantes para el aprendizaje de programación y robótica. Entre sus aportaciones más interesantes se encuentra la compatibilidad con programación educativa, el uso de comandos mediante SDK y la posibilidad de trabajar con Mission Pads.

Los Mission Pads son marcadores visuales que el dron puede reconocer mediante su cámara. Estos marcadores permiten plantear actividades de localización, navegación, referencia espacial y trayectorias programadas. Para el profesorado, suponen una herramienta muy útil porque permiten convertir el espacio de vuelo en un entorno más estructurado y medible.

El Tello EDU resulta especialmente apropiado para:

- Programación por bloques.
- Introducción a Scratch o entornos similares.
- Secuencias de vuelo autónomo.
- Trabajo con coordenadas.
- Diseño de trayectorias.
- Uso de Mission Pads.
- Prácticas de geometría aplicada.
- Retos de navegación básica.
- Introducción al SDK.
- Primeros ejercicios con Python.

Esta versión es recomendable para Secundaria, Bachillerato y primeros cursos universitarios cuando se desea pasar del pilotaje manual a la programación de misiones

sencillas. Su potencial pedagógico está en que permite al alumnado diseñar órdenes, ejecutarlas en un sistema físico y analizar el resultado obtenido, lo que le permite ejecutar distintas funciones cognitivas.

1.5.3. DJI RoboMaster Tello Talent

El RoboMaster Tello Talent, también conocido como Tello Talent o TT, representa una evolución educativa más avanzada. Se basa en el concepto del Tello EDU, pero incorpora un módulo de expansión con nuevos elementos programables y sensores adicionales. Entre ellos destacan la matriz LED, la iluminación programable, el sensor de distancia ToF y un microcontrolador que amplía las posibilidades de experimentación.

Esta versión está especialmente orientada a actividades STEAM más completas, ya que permite combinar vuelo, programación, sensores, expresión visual, electrónica y proyectos de mayor complejidad. El sensor ToF, por ejemplo, permite trabajar la detección de distancia y plantear actividades de evitación de obstáculos o control basado en datos del entorno. La matriz LED permite introducir mensajes, patrones, señales visuales o elementos creativos que conectan la tecnología con el diseño y la expresión artística.

El Tello Talent resulta especialmente adecuado para:

- Programación avanzada.
- Proyectos STEAM interdisciplinares.
- Uso de sensores.
- Actividades con matriz LED.
- Control basado en distancia.
- Primeras experiencias de inteligencia artificial.
- Visión artificial básica.
- Integración con Python.
- Proyectos universitarios de robótica.
- Ensayos de vuelo coordinado.
- Actividades de prototipado educativo.

En niveles básicos, puede utilizarse de forma similar al Tello EDU, comenzando con programación por bloques o movimientos sencillos. En niveles superiores, permite abordar proyectos de ingeniería en miniatura: control de trayectorias, lectura de sensores, interacción con el entorno, comunicaciones inalámbricas o coordinación de varios drones.

Ha de tenerse en cuenta, así mismo, que el aumento de posibilidades técnicas también exige una mayor planificación docente en diferentes aspectos. El profesorado debe comprobar previamente las actividades, revisar el estado de las baterías, controlar el espacio de vuelo y adaptar la complejidad al nivel real del alumnado.

1.6. Criterios de elección de la versión adecuada

La elección entre Tello, Tello EDU y Tello Talent debe realizarse en función de los objetivos de aprendizaje, el nivel del alumnado, la experiencia del profesorado y los recursos disponibles.

Para una primera experiencia de vuelo, reconocimiento del dron y normas de seguridad, el Tello estándar puede ser suficiente. Su uso permite centrar la sesión en el manejo básico y en la observación del comportamiento del dispositivo.

Para actividades de programación educativa, geometría, secuencias de vuelo, retos guiados y trabajo con Mission Pads, el Tello EDU ofrece un equilibrio adecuado entre facilidad de uso y potencial didáctico.

Para proyectos avanzados que integren sensores, matriz LED, programación más compleja, electrónica o inteligencia artificial básica, el Tello Talent es la opción más completa. Su mayor riqueza técnica permite diseñar actividades más ambiciosas, aunque también requiere una mayor preparación.

De forma orientativa, puede establecerse la siguiente relación:

Versión	Uso más adecuado	Nivel recomendado
Tello	Iniciación al vuelo, seguridad, manejo manual y observación	Secundaria, formación inicial del profesorado
Tello EDU	Programación por bloques, Mission Pads, secuencias y retos guiados	Secundaria, Bachillerato, primeros cursos universitarios
Tello Talent	Sensores, matriz LED, programación avanzada, proyectos STEAM, IA y enjambres	Bachillerato avanzado, Universidad, formación docente especializada

Esta clasificación no debe entenderse como una limitación rígida. Un mismo dron puede utilizarse de formas muy diferentes según el diseño de la actividad. Lo importante es que el grado de complejidad técnica esté alineado con los objetivos didácticos y con el tiempo disponible para la sesión.

1.7. Enfoque de uso en este manual

Este manual adopta un enfoque progresivo. Primero se presentan los elementos técnicos del dron, después se describe su preparación y operación, posteriormente se abordan las normas de seguridad y mantenimiento, y finalmente se introducen las posibilidades de programación.

El criterio seguido es el siguiente: antes de programar el dron, el usuario debe conocerlo; antes de volarlo, debe revisar el entorno; antes de diseñar una práctica, debe

comprender sus límites; y antes de plantear actividades complejas, debe haber realizado pruebas controladas.

Por tanto, el uso recomendado del manual es secuencial en una primera lectura, pero consultivo en fases posteriores. Un docente que vaya a realizar su primera práctica debería revisar, como mínimo:

- Componentes del dron.
- Carga y estado de la batería.
- Conexión con la aplicación.
- Condiciones del espacio de vuelo.
- Normas básicas de seguridad.
- Despegue y aterrizaje.
- Procedimiento de emergencia.
- Apagado y almacenamiento.

Una vez dominados estos aspectos, podrá avanzar hacia la programación, el uso de sensores, los Mission Pads o los proyectos coordinados.

1.8. Consideraciones iniciales de seguridad

Aunque el Tello es un dron pequeño y de bajo peso, no debe tratarse como un juguete cuando se utiliza en un entorno educativo. Sus hélices giran a alta velocidad, puede colisionar con personas u objetos, puede perder estabilidad si las condiciones de iluminación no son adecuadas y puede sufrir interferencias en la conexión inalámbrica.

Por ello, cualquier uso docente debe partir de una premisa básica: la seguridad forma parte de la actividad, no es un añadido posterior.

Antes de cada sesión se recomienda comprobar que:

- las hélices están correctamente instaladas.
- los protectores de hélices están colocados, especialmente en interiores.
- la batería está suficientemente cargada.
- el espacio de vuelo está despejado.
- no haya personas dentro de la zona de vuelo.
- el suelo o la superficie inferior permite el funcionamiento del sistema de posicionamiento visual.
- la iluminación es suficiente.
- no haya exceso de interferencias Wi-Fi.
- el alumnado conoce las normas básicas.
- existe una instrucción clara para detener la actividad en caso de incidencia.

En actividades con alumnado, resulta conveniente asignar roles: piloto o programador, observador de seguridad, responsable de medición, responsable de registro y

responsable de material. Esta distribución reduce el desorden, mejora la atención y convierte la seguridad en una tarea compartida.

1.9. Alcance y límites del manual

Este manual se centra en el uso educativo y técnico básico-intermedio de la familia Tello. No está pensado como manual aeronáutico profesional ni como guía de operación avanzada de drones de uso industrial. Tampoco sustituye las normas legales aplicables en cada país o comunidad autónoma, ni exige al usuario de consultar la normativa vigente antes de cualquier uso fuera de un entorno cerrado y controlado.

El documento se orienta principalmente a:

- Vuelo en interiores o espacios muy controlados.
- Prácticas docentes supervisadas.
- Programación educativa.
- Proyectos STEAM.
- Laboratorios universitarios.
- Formación inicial y avanzada de profesorado.
- Actividades de innovación docente.

Quedan fuera del alcance de este manual:

- Operaciones profesionales con drones.
- Vuelos en espacio aéreo no controlado sin revisión normativa.
- Captura de imágenes con fines comerciales.
- Uso del dron sobre concentraciones de personas.
- Operaciones sin supervisión.
- Transporte de cargas.
- Modificaciones estructurales no autorizadas.
- Usos incompatibles con la seguridad, la privacidad o la normativa aplicable.

El enfoque adoptado es prudente: se prioriza el aprendizaje, la seguridad y la reproducibilidad de las actividades por encima de la espectacularidad del vuelo. Un buen uso educativo del dron no se mide por la complejidad de la maniobra, sino por la calidad del aprendizaje que genera.

1.10. Estructura de la I Parte

La parte I se organiza como un manual técnico de consulta progresiva, que se desarrolla en los capítulos posteriores, atendiendo a los siguientes contenidos:

- **Capítulo 2. Hardware**
Describe los componentes físicos del dron: estructura, motores, hélices,

protectores, batería, cámara, sensores, sistema de posicionamiento visual, conectores y elementos específicos de las versiones educativas.

- **Capítulo 3. Puesta en marcha**

Explica el proceso de preparación inicial: carga, instalación de aplicaciones, conexión Wi-Fi, encendido, comprobaciones previas, actualización de firmware y primer vuelo controlado.

- **Capítulo 4. Pilotaje**

Presenta los movimientos básicos, modos de vuelo, control mediante aplicación, fotografía, vídeo, vuelo interior, vuelo exterior controlado y recomendaciones para la práctica inicial.

- **Capítulo 5. Seguridad**

Reúne las normas esenciales para el uso en entornos docentes: protección de personas, protección del equipo, espacio de vuelo, privacidad, normativa, prevención de incidentes y buenas prácticas.

- **Capítulo 6. Resolución de problemas**

Recoge errores frecuentes y posibles soluciones: pérdida de conexión, baja batería, deriva en vuelo, problemas de calibración, hélices mal montadas, fallos de despegue, superficies inadecuadas o errores de programación.

- **Capítulo 7. Programación**

Introduce las posibilidades de programación: bloques, Scratch, Tello EDU, SDK, Python, Mission Pads, sensores, comandos básicos y primeros ejemplos de vuelo autónomo.

- **Capítulo 8. Recursos**

Agrupar manuales, enlaces, documentación técnica, referencias, herramientas de programación y materiales de apoyo para ampliar el trabajo con drones educativos.

Esta estructura pretende facilitar una doble lectura: una lectura completa para quienes se inician y una consulta puntual para quienes ya conocen el dispositivo y necesitan resolver una duda concreta antes de una sesión práctica.

1.11. Cierre del capítulo

El DJI Tello y sus variantes educativas ofrecen una vía accesible para introducir la robótica aérea en el aula. Su combinación de pequeño tamaño, estabilidad, programación, sensores y posibilidades de ampliación lo convierte en un recurso adecuado para trabajar competencias técnicas y transversales.

No obstante, su uso educativo requiere planificación. El dron debe integrarse en actividades con objetivos claros, condiciones de seguridad definidas y una progresión adecuada. El presente manual proporciona la base técnica necesaria para ello.

A partir del siguiente capítulo se inicia la descripción detallada del hardware, comenzando por los elementos físicos que componen el dron y por las características que condicionan su uso en el aula.

En definitiva, este documento surge de la investigación e innovación del proyecto DIRTTE (PID2022-140031OA-I00) que aborda aspectos de las Tecnologías Emergentes como recurso para el profesorado, que está financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España). Avanza hacia el uso de drones, apoyando la consolidación del proceso de enseñanza aprendizaje de alumnado en materias que pueden incrementar funciones y estrategias cognitivas que conllevan la adquisición y desarrollo de diferentes competencias.



Capítulo 2. Hardware

2.1. Introducción al hardware de la familia DJI Tello

El hardware de la familia DJI Tello está diseñado para ofrecer una plataforma de vuelo compacta, ligera y relativamente segura, especialmente adecuada para actividades de iniciación en robótica aérea, programación y experimentación STEAM. Aunque existen diferencias entre el Tello estándar, el Tello EDU y el RoboMaster Tello Talent, todos comparten una arquitectura básica común: cuatro motores, cuatro hélices, batería extraíble, cámara frontal, sistema de posicionamiento visual, conectividad inalámbrica y una estructura ligera de pequeño formato.

Desde el punto de vista docente, es importante comprender que el dron no debe presentarse únicamente como un dispositivo de vuelo, sino como un **sistema técnico integrado**. En él intervienen elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos, ópticos, inalámbricos y de programación. Esta visión de conjunto permite al profesorado explicar de forma sencilla cómo un objeto aparentemente pequeño incorpora muchos de los principios presentes en sistemas robóticos más avanzados.

El alumnado puede identificar en el dron conceptos como:

- estructura mecánica;
- sistema de propulsión;
- almacenamiento de energía;
- comunicación inalámbrica;
- sensores;
- cámara;
- procesamiento interno;
- control de vuelo;
- señales luminosas;
- programación;
- mantenimiento preventivo;
- seguridad operacional.

Por ello, antes de realizar actividades de pilotaje o programación, conviene dedicar una primera sesión a la **identificación visual de los componentes**. Esta fase inicial ayuda a reducir errores, mejora la seguridad y permite que el alumnado comprenda que el dron debe manipularse con cuidado.

2.2. Identificación visual de componentes

2.2.1. Vista general del dron

La familia Tello presenta una configuración de cuadricóptero, es decir, un dron con cuatro hélices distribuidas en cuatro brazos. Cada hélice está accionada por un motor independiente. El control de vuelo se consigue variando la velocidad de giro de cada

motor, lo que permite al dron ascender, descender, avanzar, retroceder, desplazarse lateralmente o girar sobre su eje vertical.

Revisa en la web la imagen general del dron identificado con las etiquetas numeradas.

Figura 2.1. Vista superior del DJI Tello / Tello EDU / Tello Talent con identificación de componentes principales.

Imagen pendiente de autorizar: fotografía propia o esquema vectorial.

Figura 2.2. Vista inferior del dron, mostrando el sistema de posicionamiento visual y la batería.

Imagen pendiente de autorizar por parte del fabricante.

Figura 2.3. Vista frontal del dron, destacando cámara, sentido de avance y posibles sensores o módulo de expansión según versión.

Imagen pendiente de autorizar por parte del fabricante.

2.3. Tabla de identificación de componentes principales

Nº	Componente	Ubicación visual	Función principal	Observaciones para uso docente
1	Hélices	Parte superior, una en cada motor	Generan sustentación y permiten el movimiento del dron	Deben revisarse antes de cada vuelo. Una hélice dañada puede provocar vibraciones, deriva o caída.
2	Motores	En los extremos de los cuatro brazos	Hacen girar las hélices a distinta velocidad	No deben tocarse tras el vuelo si están calientes. Deben estar libres de polvo, pelo o restos.
3	Protectores de hélices	Rodeando parcialmente cada hélice	Reducen el riesgo de contacto accidental con las hélices	En entornos educativos se recomienda utilizarlos siempre, especialmente

Nº	Componente	Ubicación visual	Función principal	Observaciones para uso docente e en interiores.
4	Cámara frontal	Parte delantera del dron	Captura fotografía, vídeo y transmisión de imagen	Permite actividades de observación, registro visual y visión artificial básica.
5	Sistema de posicionamiento visual	Parte inferior del dron	Ayuda al dron a estabilizarse en interiores mediante lectura visual del suelo	Requiere buena iluminación y superficies con textura o contraste. No funciona bien sobre agua, superficies reflectantes o suelos muy uniformes.
6	Batería de vuelo	Integrada en el cuerpo del dron, normalmente extraíble desde la parte posterior o inferior según modelo	Proporciona energía a motores, electrónica, cámara y comunicación	Debe cargarse antes de la sesión. La autonomía real puede ser inferior a la teórica, especialmente con accesorios.
7	Botón de encendido	En el cuerpo del dron	Enciende y apaga el equipo	Conviene enseñar al alumnado a encender y apagar correctamente, sin forzar el botón ni manipular el dron con las

Nº	Componente	Ubicación visual	Función principal	Observaciones para uso docente
				hélices activas.
8	Indicador luminoso de estado	En el cuerpo del dron	Informa del estado de conexión, carga, encendido o incidencias	Es útil para explicar estados del sistema: conexión, espera, error, carga o disponibilidad .
9	Puerto Micro USB	Lateral o parte posterior del dron, según versión	Carga de batería y, en algunos casos, conexión auxiliar	Debe manipularse con cuidado. Es un punto sensible si se fuerza el cable.
10	Antenas internas	Integradas en el cuerpo del dron	Comunicación Wi-Fi con el dispositivo de control	La calidad de conexión puede verse afectada por interferencias , distancia o saturación de redes.
11	Módulo de expansión	Específico del Tello Talent	Añade funciones programables adicionales	Puede incluir matriz LED, sensor ToF y microcontrolador. Amplía notablemente las posibilidades didácticas.
12	Matriz LED 8x8	Módulo de expansión del Tello Talent	Visualización de patrones, iconos, letras o señales	Permite unir programación , creatividad, comunicación visual y actividades STEAM.

Nº	Componente	Ubicación visual	Función principal	Observaciones para uso docente
13	LED RGB programable	En el módulo o cuerpo del Tello Talent	Señalización luminosa programable	Útil para estados del programa, efectos visuales o identificación de drones en actividades grupales.
14	Sensor de distancia ToF	Módulo de expansión del Tello Talent	Medición de distancia cercana mediante Time of Flight	Permite actividades de detección de obstáculos, control reactivo y robótica básica.
15	Microcontrolador integrado	Módulo de expansión del Tello Talent	Ejecución de programas y conexión con sensores externos	Facilita proyectos avanzados con Arduino, MicroPython o integración de sensores.
16	Mission Pads	Accesorios asociados al Tello EDU/Talent	Marcadores visuales para navegación y referencia espacial	Permiten trabajar coordenadas, trayectorias y navegación autónoma en actividades programadas.

2.4. Componentes estructurales

2.4.1. Cuerpo principal

El cuerpo principal del dron integra la electrónica de control, la batería, los conectores, los indicadores luminosos, la cámara y el sistema de comunicación inalámbrica. Su diseño es compacto y ligero, lo que facilita su uso en interiores, pero también obliga a manipularlo con cuidado.

En una sesión docente, es conveniente indicar expresamente que el cuerpo del dron no debe sujetarse por las hélices ni por los protectores. Debe tomarse por la zona central, con el equipo apagado, evitando presionar la cámara, los sensores o el puerto de carga.

El cuerpo principal también actúa como referencia para identificar el **sentido de avance**. Esta cuestión es importante porque muchos errores iniciales de pilotaje se producen cuando el alumnado confunde la parte frontal y la parte posterior del dron. Antes de volar, debe identificarse siempre la cámara frontal como referencia de orientación.

2.4.2. Brazos y soporte de motores

Los cuatro brazos del dron soportan los motores y transmiten parte de las vibraciones generadas durante el vuelo. Al tratarse de una estructura ligera, no debe someterse a torsiones ni golpes innecesarios.

Tras una colisión, aunque sea leve, conviene revisar:

- que no haya fisuras visibles;
- que los motores estén firmemente sujetos;
- que las hélices no rocen con los protectores;
- que ningún brazo esté deformado;
- que el dron pueda colocarse horizontalmente sobre una superficie plana.

Esta revisión puede formar parte de una rutina de mantenimiento realizada por el alumnado bajo supervisión docente. De esta forma, se trabaja también la responsabilidad en el uso compartido de equipamiento de laboratorio.

2.5. Sistema de propulsión

2.5.1. Motores

El Tello utiliza cuatro motores eléctricos, uno por cada hélice. El controlador de vuelo modifica la velocidad de cada motor para mantener la estabilidad y ejecutar las maniobras solicitadas. Aunque el alumnado no necesita conocer en detalle los algoritmos internos de control, sí debe comprender la idea básica: el dron no se mueve porque “incline alas”, sino porque varía la velocidad relativa de sus hélices.

Por ejemplo:

- si aumenta la velocidad de los cuatro motores, el dron asciende;
- si disminuye la velocidad de los cuatro motores, el dron desciende;
- si unos motores giran más rápido que otros, el dron se inclina y se desplaza;
- si se genera una diferencia de par entre pares de motores, el dron gira sobre sí mismo.

Esta explicación puede aprovecharse para introducir conceptos de física, equilibrio, fuerza, momento y control automático.

Desde el punto de vista práctico, los motores deben estar limpios y girar sin obstáculos. Cabellos, polvo, hilos, restos de papel o pequeños fragmentos pueden afectar al giro y provocar fallos. Tras una sesión de aula, especialmente si ha habido colisiones, conviene revisar visualmente la zona de los motores.

2.5.2. Hélices

Las hélices son elementos críticos para el vuelo. Aunque son pequeñas, giran a gran velocidad y pueden producir cortes o golpes leves si se manipulan de forma incorrecta. Por ello, no deben tocarse nunca con el dron encendido o en proceso de despegue.

Es importante explicar que las hélices no son todas iguales. En un cuadricóptero hay hélices con orientación distinta, porque unas están diseñadas para girar en un sentido y otras en el sentido contrario. Si se montan mal, el dron puede no despegar, volcar, vibrar o responder de forma inestable.

Antes de cada sesión se recomienda comprobar:

- que todas las hélices están completas;
- que no presentan grietas;
- que no están dobladas;
- que no rozan con los protectores;
- que están colocadas en el motor correcto;
- que giran libremente.

Para actividades educativas, puede ser útil disponer de un pequeño kit de recambio con hélices adicionales, herramienta de extracción y protectores de hélice. Las hélices son consumibles: en actividades con principiantes es normal que sufran golpes y deban sustituirse.

2.5.3. Protectores de hélices

Los protectores de hélices cumplen una función esencial en el aula. No eliminan todos los riesgos, pero reducen notablemente la probabilidad de contacto directo con las hélices y protegen parcialmente el dron frente a colisiones laterales.

En entornos educativos se recomienda utilizarlos siempre, salvo en pruebas muy controladas realizadas por usuarios expertos y cuando exista una razón técnica justificada. En actividades con alumnado, su retirada no aporta ventajas pedagógicas suficientes y, en cambio, incrementa el riesgo.

Conviene enseñar al alumnado que los protectores no convierten al dron en un objeto inofensivo. El dron sigue siendo un equipo en movimiento, con motores activos y posibilidad de colisión. Los protectores ayudan, pero no sustituyen a las normas de distancia, supervisión y área de vuelo delimitada.

2.6. Sistema de energía

2.6.1. Batería de vuelo

La batería es uno de los componentes más importantes del dron, ya que alimenta simultáneamente motores, cámara, electrónica de control, comunicación inalámbrica y, en su caso, módulos de expansión. En la familia Tello se utilizan baterías recargables de tipo LiPo, habituales en dispositivos de vuelo de pequeño tamaño por su relación entre peso y capacidad.

Desde una perspectiva docente, la batería condiciona directamente la organización de la sesión. Aunque las especificaciones indiquen una autonomía máxima aproximada en condiciones ideales, en la práctica el tiempo real de vuelo puede ser menor. Influyen factores como:

- uso de protectores;
- movimientos bruscos;
- modo de vuelo;
- viento o corrientes de aire;
- estado de envejecimiento de la batería;
- temperatura;
- uso de cámara;
- uso de módulo de expansión;
- número de despegues y aterrizajes;
- maniobras repetidas.

Por ello, una sesión de aula no debe planificarse suponiendo que cada batería permitirá un uso continuo prolongado. Lo recomendable es diseñar actividades con vuelos breves, alternar roles entre estudiantes y disponer de baterías cargadas de repuesto.

2.6.2. Carga y conservación

La carga debe realizarse con el dron apagado y empleando cables y adaptadores adecuados. El puerto de carga debe manipularse con cuidado, evitando tirones o conexiones forzadas.

Se recomienda establecer una rutina de laboratorio:

11. Cargar todas las baterías antes de la sesión.
12. Etiquetar las baterías si se dispone de varias unidades.
13. Registrar qué baterías se han usado.
14. Evitar almacenar baterías completamente descargadas durante periodos largos.
15. Revisar si alguna batería se calienta de forma anormal.
16. Retirar del uso cualquier batería hinchada, dañada o con comportamiento extraño.
17. Guardar las baterías en un lugar seco, protegido y alejado de fuentes de calor.

En un centro educativo, estas recomendaciones son especialmente importantes porque los equipos suelen ser compartidos por varios grupos y cursos. Una mala gestión de baterías puede provocar interrupciones de clase, pérdida de autonomía o deterioro prematuro del material.

2.7. Cámara y sistema de visión

2.7.1. Cámara frontal

La cámara frontal permite capturar fotografías, grabar vídeo y transmitir imagen en directo al dispositivo de control. En actividades básicas, se puede utilizar simplemente para mostrar la perspectiva del dron. En actividades más avanzadas, la imagen puede servir como fuente de datos para proyectos de visión artificial, reconocimiento de patrones o seguimiento visual.

La cámara no debe entenderse como una cámara profesional de fotografía aérea. Su valor principal en el contexto educativo es que permite:

- observar desde otro punto de vista;
- registrar prácticas;
- analizar trayectorias;
- capturar imágenes para informes;
- introducir el concepto de visión artificial;
- trabajar privacidad y uso responsable de imágenes;
- conectar tecnología, ética y normativa.

Es importante recordar al alumnado que todo uso de cámara implica responsabilidad. En entornos educativos no se debe grabar a personas sin autorización, ni captar imágenes ajenas a la práctica. Esta cuestión se desarrollará con más detalle en el capítulo de seguridad.

2.7.2. Sistema de posicionamiento visual

El sistema de posicionamiento visual, situado en la parte inferior del dron, ayuda a mantener la estabilidad en interiores. A diferencia de drones de mayor tamaño que pueden utilizar GPS en exteriores, el Tello depende en gran medida de sensores inferiores y del análisis visual del suelo para mantenerse estable.

Este sistema funciona mejor cuando:

- hay buena iluminación;
- el suelo tiene textura o patrones;
- la altura está dentro del rango útil del sensor;
- no hay superficies reflectantes;
- no hay superficies transparentes;

- no se vuela sobre agua, nieve o suelos excesivamente brillantes;
- no hay cambios bruscos de iluminación.

En el aula, esto significa que no todas las superficies son igualmente adecuadas. Un suelo completamente blanco, negro, brillante o sin textura puede dificultar la estabilización. Puede ser útil colocar alfombrillas, cartulinas con patrones, cuadrículas o marcas en el suelo para mejorar la referencia visual.

Desde el punto de vista didáctico, este componente permite explicar que un sistema robótico no “sabe” dónde está de forma mágica. Necesita sensores, referencias y condiciones adecuadas. Cuando esas condiciones fallan, el comportamiento del sistema también puede fallar.

2.8. Sensores principales

2.8.1. IMU y estabilidad

El dron incorpora sensores internos de movimiento, habitualmente agrupados bajo el concepto de IMU o unidad de medición inercial. Estos sensores permiten estimar inclinación, aceleración y orientación, contribuyendo a la estabilidad del vuelo.

Aunque el usuario no interactúe directamente con la IMU en una práctica inicial, es útil conocer su existencia. Permite explicar por qué el dron puede mantenerse nivelado, corregir pequeñas desviaciones y responder a cambios de orientación.

En caso de golpes, caídas o comportamientos extraños, puede ser necesario recalibrar el sistema según las indicaciones de la aplicación o del fabricante. En el aula, esta situación puede aprovecharse para introducir el concepto de calibración: un sensor no solo debe existir, sino que debe estar correctamente ajustado.

2.8.2. Barómetro y estimación de altura

El barómetro ayuda a estimar variaciones de altura. En drones pequeños, la medición de altura puede estar condicionada por turbulencias, proximidad al suelo, corrientes de aire y cambios ambientales. Por ello, en actividades educativas conviene no exigir una precisión absoluta.

Para actividades de aula, es suficiente entender que el dron puede recibir órdenes como subir o bajar una determinada distancia, pero el resultado real puede presentar pequeñas desviaciones. Esta diferencia entre la orden ideal y la ejecución real es precisamente una oportunidad educativa: permite hablar de tolerancias, error de medida, calibración y control.

2.8.3. Sensor ToF en Tello Talent

El RoboMaster Tello Talent incorpora un sensor de distancia ToF, siglas de Time of Flight. Este tipo de sensor estima la distancia midiendo el tiempo que tarda una señal en ir hasta un objeto y regresar. En la práctica educativa, permite plantear actividades de detección de obstáculos, mantenimiento de distancia o respuesta ante proximidad.

Este sensor amplía notablemente las posibilidades didácticas del dron, porque permite pasar de una programación puramente secuencial a una programación reactiva. Es decir, el dron ya no solo ejecuta una lista fija de órdenes, sino que puede tomar decisiones en función de lo que detecta.

Ejemplos de uso educativo:

- detenerse si detecta un obstáculo;
- mantener una distancia fija respecto a una pared;
- activar un patrón LED si se aproxima a un objeto;
- comparar distintas distancias de frenado;
- introducir estructuras condicionales;
- explicar sensores de proximidad en robótica móvil.

No obstante, debe recordarse que el sensor ToF tiene limitaciones. Su lectura puede verse afectada por la superficie del objeto, la distancia, la orientación y las condiciones ambientales. Por tanto, no debe utilizarse como único elemento de seguridad, sino como recurso de aprendizaje controlado.

2.9. Conectividad y comunicación

2.9.1. Comunicación Wi-Fi

La comunicación entre el dron y el dispositivo de control se realiza mediante Wi-Fi. Esto permite manejar el dron desde un teléfono, tableta u ordenador, pero también introduce limitaciones propias de las comunicaciones inalámbricas.

En un centro educativo pueden existir muchas redes Wi-Fi, teléfonos móviles, tabletas, ordenadores, routers y dispositivos Bluetooth. Todo ello puede generar interferencias o saturación. Por esta razón, una práctica que funciona correctamente en casa o en un laboratorio vacío puede comportarse de manera diferente en un aula llena de dispositivos.

Antes de una actividad es recomendable:

- comprobar la conexión con cada dron;
- identificar el nombre de red correspondiente;
- evitar que varios grupos se conecten al dron equivocado;
- reducir interferencias innecesarias;
- mantener una distancia razonable entre dron y dispositivo;

- probar el vídeo en directo si se va a utilizar;
 - evitar vuelos simultáneos sin planificación.
-

2.9.2. Uso de router en actividades avanzadas

En actividades con varios drones, especialmente con Tello EDU o Tello Talent, puede ser conveniente utilizar un router dedicado. Esto permite organizar mejor la comunicación y reducir conflictos entre conexiones directas.

El uso de varios drones introduce problemas técnicos y pedagógicos más complejos:

- identificación individual de cada dron;
- asignación de direcciones o conexiones;
- coordinación de comandos;
- sincronización;
- interferencias;
- seguridad de vuelo;
- supervisión simultánea.

Por ello, las actividades con enjambres o vuelo coordinado deben reservarse para niveles avanzados o para demostraciones muy controladas por el docente.

2.10. Elementos específicos del Tello EDU

2.10.1. Orientación educativa del Tello EDU

El Tello EDU está orientado a la programación y al uso educativo. Aunque físicamente es muy similar al Tello estándar, su valor diferencial se encuentra en las posibilidades de programación, el soporte del SDK y el uso de Mission Pads.

Esta versión es especialmente adecuada cuando se desea trabajar:

- programación por bloques;
- pensamiento computacional;
- secuencias de vuelo;
- comandos básicos;
- coordenadas;
- navegación por referencias;
- depuración de errores;
- actividades guiadas en el aula.

Desde el punto de vista del hardware, el docente debe considerar que el Tello EDU no exige un cambio radical en la manipulación física respecto al Tello estándar. La diferencia principal está en cómo se explotan sus capacidades mediante software y accesorios.

2.10.2. Mission Pads

Los Mission Pads son marcadores visuales que el Tello EDU puede reconocer mediante su cámara. Cada marcador proporciona una referencia espacial que permite al dron identificar una posición y ejecutar comandos asociados a coordenadas.

Su valor educativo es muy alto porque convierten el espacio de vuelo en un entorno estructurado. En lugar de programar movimientos “a ciegas”, el alumnado puede trabajar con referencias visibles, coordenadas y posiciones relativas.

Aplicaciones didácticas:

- vuelo de un marcador a otro;
- reconocimiento de identificadores;
- trabajo con ejes X, Y, Z;
- navegación sobre una cuadrícula;
- retos de localización;
- simulación de entrega de objetos;
- introducción a sistemas de referencia;
- comparación entre trayectoria prevista y trayectoria real.

Para que funcionen adecuadamente, los Mission Pads deben colocarse sobre una superficie plana, con buena iluminación y sin reflejos. Deben estar limpios y orientados correctamente. También conviene explicar al alumnado que el reconocimiento visual puede fallar si el dron está demasiado alto, demasiado bajo, mal orientado o si las condiciones de luz no son adecuadas.

2.11. Elementos específicos del RoboMaster Tello Talent

2.11.1. Módulo de expansión

El RoboMaster Tello Talent incorpora un módulo de expansión que amplía sus capacidades educativas. Este módulo permite trabajar con elementos que no están presentes en el Tello estándar, como matriz LED, sensor ToF, iluminación programable y microcontrolador.

Desde el punto de vista docente, esta versión convierte el dron en una plataforma STEAM más completa. El vuelo puede combinarse con comunicación visual, programación de sensores, creatividad, electrónica y proyectos de mayor complejidad.

El módulo de expansión permite diseñar actividades como:

- mostrar mensajes en vuelo;
- representar estados mediante luces;
- indicar errores con códigos luminosos;
- programar patrones visuales;
- detectar obstáculos;

- combinar distancia y movimiento;
 - crear coreografías con luces;
 - introducir electrónica programable;
 - conectar sensores externos en proyectos avanzados.
-

2.11.2. Matriz LED 8×8

La matriz LED 8×8 permite mostrar patrones, iconos, letras o números. Aunque pueda parecer un elemento secundario, tiene un gran valor didáctico porque permite que el dron comunique información de forma visible.

Ejemplos de uso:

- mostrar una flecha antes de iniciar un movimiento;
- indicar el número de equipo;
- mostrar un icono al detectar un obstáculo;
- visualizar estados del programa;
- crear animaciones sencillas;
- combinar arte y programación.

Este elemento facilita la integración de la dimensión artística dentro del enfoque STEAM. El alumnado no solo programa movimientos, sino también señales, mensajes y efectos visuales.

2.11.3. LED RGB programable

El LED RGB programable puede utilizarse como indicador de estado o como recurso creativo. Por ejemplo, un programa puede encender una luz verde cuando el dron está preparado, roja cuando detecta obstáculo o azul durante una fase de espera.

Este tipo de señalización resulta especialmente útil en actividades con varios grupos, ya que permite identificar visualmente qué dron está activo, en espera, ejecutando una misión o finalizando la práctica.

2.11.4. Microcontrolador integrado

El microcontrolador integrado en el módulo de expansión permite trabajar con programación más avanzada y conectar el dron con conceptos propios de electrónica, sistemas embebidos e Internet de las Cosas.

Para niveles universitarios o formación avanzada, este componente permite explicar:

- entradas y salidas digitales;
- comunicación con sensores;
- programación en C/C++, Arduino o MicroPython;

- control de dispositivos externos;
- integración con sistemas de adquisición de datos;
- prototipado rápido;
- interacción entre software y hardware físico.

En niveles iniciales no es necesario profundizar en este elemento, pero sí conviene mencionar su existencia para mostrar que el Tello Talent permite una progresión de aprendizaje: desde el vuelo básico hasta proyectos técnicos complejos.

2.12. Tabla técnica comparativa: Tello, Tello EDU y Tello Talent

La siguiente tabla resume las diferencias más relevantes entre las tres versiones desde el punto de vista educativo y técnico. Debe interpretarse como una guía orientativa para seleccionar el modelo más adecuado según el tipo de actividad.

Característica	DJI Tello	DJI Tello EDU	RoboMaster Tello Talent
Orientación principal	Vuelo recreativo e iniciación	Educación, programación y navegación con marcadores	Educación STEAM avanzada, sensores, IA básica y programación ampliada
Tipo de plataforma	Microdron de iniciación	Microdron educativo	Microdron educativo avanzado
Peso aproximado	En torno a 80–87 g, según configuración	Similar al Tello estándar	Aproximadamente 87 g con protectores; el módulo de expansión puede reducir la autonomía
Dimensiones	Formato compacto, aproximadamente 10 cm de tamaño general	Similar al Tello estándar	Cuerpo compacto, con módulo de expansión añadido
Tiempo máximo de vuelo	Hasta unos 13 minutos en condiciones ideales	Similar al Tello estándar	Hasta unos 13 minutos sin módulo; menor autonomía con módulo de expansión

Característica	DJI Tello	DJI Tello EDU	RoboMaster Tello Talent
Autonomía práctica en aula	Habitualmente inferior a la máxima teórica	Habitualmente inferior a la máxima teórica	Puede situarse en torno a 8–10 minutos según uso y módulo instalado
Cámara frontal	5 MP; vídeo HD 720p	5 MP; vídeo HD 720p	5 MP; vídeo HD 720p
Transmisión de vídeo	Sí, mediante Wi-Fi	Sí, mediante Wi-Fi	Sí, mediante Wi-Fi
Sistema de posicionamiento visual	Sí	Sí	Sí
IMU / sensores de estabilidad	Sí	Sí	Sí
Barómetro	Sí	Sí	Sí
Sensor ToF	No disponible de serie	No disponible de serie	Sí, mediante módulo de expansión
Protectores de hélices	Sí, recomendables en aula	Sí, recomendables en aula	Sí, recomendables en aula
Programación por bloques	Limitada o dependiente de herramientas compatibles	Sí, orientada a educación	Sí, con posibilidades ampliadas
Scratch / entornos educativos	Compatible mediante herramientas específicas	Compatible mediante herramientas específicas	Compatible mediante herramientas específicas
SDK	Uso posible según versión y entorno	SDK educativo, incluyendo funciones avanzadas	SDK y herramientas orientadas a programación avanzada
Mission Pads	No es su orientación principal	Sí, uso característico	Puede trabajar con navegación avanzada según entorno utilizado
Vuelo coordinado / swarm	No recomendado para uso básico	Posible en actividades avanzadas	Posible en actividades avanzadas, especialmente con configuración adecuada

Característica	DJI Tello	DJI Tello EDU	RoboMaster Tello Talent
Matriz LED	No	No	Sí, matriz LED 8x8
LED RGB programable	No como elemento educativo principal	No como elemento educativo principal	Sí
Microcontrolador integrado	No	No	Sí, en módulo de expansión
Conexión de sensores externos	No prevista para uso educativo básico	Muy limitada	Posible mediante módulo de expansión
Nivel recomendado	Iniciación, Secundaria, primeras sesiones	Secundaria, Bachillerato, primeros cursos universitarios	Bachillerato avanzado, Universidad, formación docente especializada
Uso más adecuado	Aprender a volar y conocer el dron	Aprender a programar vuelos y usar referencias espaciales	Proyectos STEAM con sensores, luces, programación avanzada e IA básica
Complejidad docente	Baja	Media	Media-alta
Ventaja principal	Sencillez y bajo coste relativo	Programación educativa y Mission Pads	Gran riqueza de proyectos y ampliación hardware
Limitación principal	Menor potencial educativo avanzado	Dependencia de software y accesorios	Requiere más preparación y planificación

2.13. Interpretación didáctica de la tabla comparativa

La tabla anterior no debe interpretarse como una clasificación rígida, sino como una ayuda para la toma de decisiones. En educación, el mejor dron es el más adecuado para el objetivo de aprendizaje, sin ser necesariamente el más avanzado.

Para una primera sesión con profesorado o alumnado novel, el Tello estándar puede ser suficiente. Permite identificar componentes, aprender normas de seguridad, realizar un primer vuelo y comprender la lógica básica de un cuadricóptero.

En una secuencia didáctica centrada en programación, el Tello EDU resulta más adecuado, ya que permite trabajar con órdenes, trayectorias, coordenadas y Mission Pads, lo que posibilita transformar el aula en un pequeño laboratorio de robótica aérea.

Para proyectos de innovación, bachillerato tecnológico, formación profesional, universidad o formación avanzada del profesorado, el Tello Talent ofrece un campo más amplio. Su módulo de expansión permite trabajar con sensores, luces, matriz LED y microcontrolador, por lo que se aproxima más a una plataforma de prototipado STEAM.

En resumen:

- **Tello:** aprender a conocer y pilotar.
- **Tello EDU:** aprender a programar y navegar.
- **Tello Talent:** aprender a integrar sensores, programación avanzada y proyectos STEAM.

2.14. Recomendaciones para inventario y gestión del hardware

En un centro educativo, los drones suelen utilizarse por varios grupos y durante varios cursos. Por ello, conviene crear una ficha de inventario por cada unidad. Esta ficha puede incluir:

Campo	Información recomendada
Código interno del equipo	Identificador asignado por el centro
Modelo	Tello, Tello EDU o Tello Talent
Número de serie	Si está disponible
Fecha de compra	Día, mes y año
Proveedor	Empresa o distribuidor
Estado inicial	Nuevo, usado, reacondicionado
Número de baterías asociadas	Identificación de cada batería
Accesorios asociados	Hélices, protectores, Mission Pads, módulo de expansión, cables
Aula o laboratorio asignado	Ubicación habitual
Responsable	Profesor, departamento o servicio
Incidencias	Golpes, sustituciones, fallos, reparaciones
Fecha de revisión	Última comprobación realizada
Estado actual	Operativo, pendiente de revisión, baja recomendada

Esta tabla facilita el mantenimiento y evita pérdidas de material. También permite detectar qué drones sufren más incidencias, qué baterías han perdido autonomía o qué accesorios deben reponerse.

2.15. Checklist de revisión física antes del vuelo

Antes de cada sesión, el docente o el equipo responsable debe realizar una revisión sencilla. Esta comprobación puede convertirse en una rutina del alumnado.

Elemento	Comprobación	Estado
Cuerpo del dron	Sin fisuras ni deformaciones visibles	☐ Correcto ☐ Revisar
Hélices	Sin grietas, dobleces ni roturas	☐ Correcto ☐ Revisar
Protectores	Colocados y firmes	☐ Correcto ☐ Revisar
Motores	Giran libremente, sin obstrucciones	☐ Correcto ☐ Revisar
Batería	Cargada, sin hinchazón ni daños	☐ Correcto ☐ Revisar
Cámara frontal	Limpia y sin golpes visibles	☐ Correcto ☐ Revisar
Sistema visual inferior	Limpio y sin obstrucciones	☐ Correcto ☐ Revisar
Puerto Micro USB	Sin holguras ni daños aparentes	☐ Correcto ☐ Revisar
Módulo de expansión	Bien fijado, si procede	☐ Correcto ☐ Revisar
Mission Pads	Limpios, planos y visibles, si se usan	☐ Correcto ☐ Revisar
Zona de vuelo	Despejada y delimitada	☐ Correcto ☐ Revisar
Conexión Wi-Fi	Probada antes de iniciar el vuelo	☐ Correcto ☐ Revisar

Si algún elemento aparece como “Revisar”, no debe iniciarse el vuelo hasta resolver la incidencia.

2.16. Recomendaciones para fotografías propias del manual

Para que este capítulo tenga un aspecto más profesional en la publicación final, se recomienda incorporar fotografías propias del equipamiento disponible. Las imágenes deberían realizarse sobre fondo neutro, con buena iluminación y preferiblemente con el dron apagado.

Fotografías recomendadas:

1. Vista superior del Tello/Tello EDU.
2. Vista inferior mostrando sensores.
3. Vista frontal con cámara.
4. Detalle de hélices y protectores.
5. Detalle de batería.

6. Detalle del puerto Micro USB.
7. Tello Talent con módulo de expansión.
8. Matriz LED del Tello Talent.
9. Sensor ToF del Tello Talent.
10. Mission Pads sobre el suelo.
11. Kit completo de aula: dron, baterías, cables, hélices y protectores.
12. Ejemplo de zona de vuelo delimitada.

Cada imagen debería tener pie de figura y, si es posible, numeración coherente con el capítulo.

Ejemplo:

Figura 2.4. Vista superior del DJI Tello EDU con protectores de hélices instalados.

Figura 2.5. Detalle del módulo de expansión del RoboMaster Tello Talent, con matriz LED y sensor de distancia.

2.17. A modo de cierre

El hardware de la familia Tello ofrece una combinación equilibrada de sencillez, seguridad relativa y posibilidades educativas. Su pequeño tamaño permite utilizarlo en espacios docentes controlados, mientras que sus sensores, cámara, comunicación inalámbrica y capacidades de programación lo convierten en una plataforma idónea para introducir conceptos de robótica, programación, física, electrónica y pensamiento computacional.

La correcta identificación de componentes es el primer paso para un uso responsable. Antes de programar trayectorias o diseñar proyectos avanzados, el alumnado debe comprender qué partes forman el dron, qué función cumple cada una y qué riesgos o limitaciones presenta.

El siguiente capítulo se abordará la **puesta en marcha**, incluyendo carga de baterías, instalación de aplicaciones, conexión Wi-Fi, encendido, comprobaciones previas, actualización de firmware y primer vuelo controlado.



Capítulo 3. Puesta en marcha

3.1. Introducción

La puesta en marcha del DJI Tello, Tello EDU o RoboMaster Tello Talent debe abordarse como una secuencia ordenada de preparación, comprobación y prueba. Aunque se trata de un dron de pequeño tamaño y manejo sencillo, su uso en un entorno educativo exige una metodología clara, especialmente cuando el profesorado no tiene experiencia previa en drones.

Este capítulo tiene como finalidad acompañar al docente desde la preparación inicial del equipo hasta la realización del primer vuelo controlado. No se plantea como una guía para maniobras complejas, sino como un procedimiento básico de uso seguro. El objetivo es que cualquier profesor pueda preparar una primera sesión de aula con garantías razonables, evitando errores habituales como intentar volar con poca batería, no revisar las hélices, conectar el dispositivo móvil a una red Wi-Fi incorrecta o despegar en un espacio inadecuado.

La idea principal es sencilla: antes de volar, hay que preparar; antes de preparar al alumnado, debe practicar el docente; y antes de hacer una práctica grupal, conviene realizar un vuelo de prueba individual.

3.2. Objetivos del capítulo

Al finalizar este capítulo, el docente debería ser capaz de:

13. Preparar el dron antes de una sesión de aula.
14. Identificar los elementos mínimos necesarios para realizar un primer vuelo.
15. Cargar correctamente la batería.
16. Instalar y abrir la aplicación de control correspondiente.
17. Conectar el dispositivo móvil a la red Wi-Fi del dron.
18. Comprobar que la cámara en vivo aparece en la aplicación.
19. Revisar las hélices, protectores y sensores antes del vuelo.
20. Delimitar un espacio seguro para la práctica.
21. Realizar un primer despegue y aterrizaje automáticos.
22. Ejecutar movimientos básicos con las palancas virtuales.
23. Apagar y guardar correctamente el material.
24. Resolver incidencias sencillas de puesta en marcha.

3.3. Material necesario para la primera puesta en marcha

Para una primera sesión no es necesario utilizar todos los accesorios disponibles. Conviene comenzar con el equipamiento mínimo y dejar los elementos avanzados para fases posteriores.

Material mínimo

Elemento	Función
Dron DJI Tello, Tello EDU o Tello Talent	Equipo principal de vuelo
Batería de vuelo cargada	Alimentación del dron
Dispositivo móvil o tableta	Control del dron mediante aplicación
Aplicación Tello o Tello EDU instalada	Interfaz de control
Cable Micro USB	Carga de la batería
Adaptador USB adecuado	Alimentación para la carga
Protectores de hélices	Seguridad en interiores
Hélices de repuesto	Sustitución en caso de rotura
Herramienta de extracción de hélices	Cambio seguro de hélices
Zona de vuelo despejada	Espacio de práctica
Cinta adhesiva o conos pequeños	Delimitación del área

Material recomendable

Elemento	Utilidad
Baterías adicionales	Permiten ampliar la sesión
Cargador múltiple	Facilita la logística de aula
Alfombrilla o zona marcada de despegue	Mejora la organización
Cinta métrica	Útil para prácticas posteriores
Hoja de checklist	Control de seguridad previo
Proyector o pantalla	Explicación colectiva de la aplicación
Ficha de incidencias	Registro de problemas y mantenimiento
Caja organizadora	Conservación del material

En la primera sesión no se recomienda comenzar con programación, Mission Pads, sensores ToF, enjambres o vuelo coordinado. Es preferible dedicar el primer contacto a conocer el dron, comprender la aplicación y realizar un vuelo controlado de corta duración.

3.4. Preparación previa del docente

Antes de utilizar el dron con alumnado, el docente debe realizar una prueba individual. Esta recomendación es especialmente importante cuando se trata de profesorado sin experiencia previa.

La preparación previa debería realizarse, idealmente, en tres momentos:

3.4.1. Primer contacto sin vuelo

En esta fase el dron permanece apagado. El docente debe:

25. Identificar la parte frontal del dron.
26. Localizar la cámara.
27. Localizar el botón de encendido.
28. Identificar la batería.
29. Revisar el puerto Micro USB.
30. Observar la posición de las hélices.
31. Comprobar si los protectores están instalados.
32. Examinar el sistema de posicionamiento visual inferior.
33. Reconocer las luces o indicadores de estado.
34. Revisar que no haya daños visibles.

Esta primera observación evita una manipulación insegura posterior. El docente debe familiarizarse con la forma correcta de sujetar el dron: siempre por el cuerpo central, con el equipo apagado y evitando agarrarlo por hélices, motores, cámara o protectores.

3.4.2. Prueba de encendido y conexión

En esta fase todavía no se vuela. El objetivo es comprobar que el dron enciende, que el dispositivo móvil detecta la red Wi-Fi y que la aplicación muestra la imagen de la cámara.

La secuencia recomendada es:

1. Colocar la batería en el dron.
2. Encender el dron pulsando el botón de encendido.
3. Esperar a que el indicador luminoso muestre actividad.
4. Abrir los ajustes Wi-Fi del dispositivo móvil.
5. Buscar la red del dron, normalmente identificada como Tello-XXXXXX.
6. Conectarse a esa red.
7. Abrir la aplicación Tello o Tello EDU.
8. Comprobar que aparece la imagen en directo de la cámara.
9. No despegar todavía.
10. Apagar el dron tras la comprobación.

Si la imagen de la cámara aparece correctamente, la conexión básica se ha establecido.

3.4.3. Primer vuelo del docente sin alumnado

Antes de utilizar el dron en clase, el docente debería realizar al menos un vuelo de prueba en solitario o con otro adulto observador.

Este primer vuelo debe limitarse a:

1. Despegue automático.
2. Vuelo estacionario breve.
3. Pequeño desplazamiento hacia delante.

4. Pequeño desplazamiento hacia atrás.
5. Giro suave.
6. Aterrizaje automático.
7. Apagado.

El propósito es que el docente pierda el miedo inicial, comprenda la sensibilidad de los controles y sepa cómo aterrizar rápidamente, por lo que se sugiere hacer maniobras sencillas.

3.5. Preparación de la batería

La batería debe estar completamente cargada antes de cada vuelo. En una sesión educativa, la falta de batería es una de las causas más frecuentes de interrupción.

3.5.1. Inserción de la batería

Para insertar la batería:

1. Compruebe que el dron está apagado.
2. Deslice la batería en su alojamiento.
3. Asegúrese de que queda bien encajada.
4. No fuerce la batería si no entra suavemente.
5. Verifique visualmente que no queda mal colocada.

Una batería mal instalada puede provocar desconexiones, apagados inesperados o imposibilidad de encendido.

3.5.2. Carga de la batería

Para cargar la batería:

1. Apague el dron.
2. Conecte el cable Micro USB al puerto del dron.
3. Conecte el otro extremo a un adaptador USB adecuado.
4. Compruebe el indicador luminoso de carga.
5. Espere hasta que la carga se complete.
6. Desconecte el cable cuando la batería esté completamente cargada.

Como regla de aula, todas las baterías deberían cargarse antes de la sesión. Si se dispone de varias, conviene numerarlas para saber cuáles están cargadas, cuáles se han usado y cuáles deben retirarse temporalmente.

3.5.3. Recomendaciones de seguridad con baterías

Las baterías LiPo requieren cuidado. En el uso educativo deben observarse estas recomendaciones:

- No cargar baterías hinchadas, deformadas o dañadas.
- No utilizar baterías que se calienten de forma anormal.
- No cargar la batería inmediatamente después de un vuelo si está caliente.
- No dejar baterías cargando sin supervisión durante periodos prolongados.
- No almacenar baterías completamente descargadas.
- No mezclar baterías de distintos drones sin identificarlas.
- No permitir que el alumnado manipule baterías dañadas.
- Guardar las baterías en un lugar seco y alejado de fuentes de calor.

En un centro educativo se recomienda asignar la responsabilidad de carga y almacenamiento al profesorado o al personal responsable del laboratorio.

3.6. Instalación de la aplicación

El Tello puede controlarse desde un dispositivo móvil mediante la aplicación correspondiente. Para una primera práctica, esta es la opción más sencilla.

3.6.1. Aplicación recomendada para iniciación

Para comenzar, se recomienda utilizar la aplicación oficial de control del Tello o Tello EDU, según el modelo disponible. En fases posteriores podrán incorporarse Scratch, Python, SDK u otras herramientas, pero no son necesarias para la primera puesta en marcha.

3.6.2. Instalación

Antes de la sesión:

1. Abra la tienda de aplicaciones del dispositivo móvil.
2. Busque la aplicación correspondiente.
3. Instálela.
4. Abra la aplicación una vez para comprobar que funciona.
5. Revise si solicita permisos de cámara, red local, almacenamiento o ubicación.
6. Conceda únicamente los permisos necesarios para el funcionamiento.
7. Compruebe que el dispositivo tiene batería suficiente.

Es recomendable realizar este proceso antes de la clase. Instalar aplicaciones durante una sesión con alumnado suele consumir tiempo y generar incidencias por contraseñas, permisos, versiones de sistema operativo o falta de conexión a internet.

3.7. Preparación del espacio de vuelo

La elección del espacio es tan importante como la preparación del dron. Para docentes sin experiencia previa, el espacio debe ser amplio, despejado y controlado.

3.7.1. Requisitos mínimos del espacio

Para el primer vuelo se recomienda:

- Espacio interior amplio.
- Suelo plano.
- Buena iluminación.
- Ausencia de viento o corrientes de aire.
- Zona libre de obstáculos.
- Sin cables colgando.
- Sin objetos frágiles próximos.
- Sin alumnado dentro del área de vuelo.
- Superficie inferior con textura o marcas visibles.
- Posibilidad de mantener siempre el dron a la vista.

Un aula ordinaria puede ser válida, si se despeja adecuadamente, si bien es preferible utilizar un laboratorio amplio, aula de tecnología, gimnasio, sala polivalente o pasillo ancho sin tránsito.

3.7.2. Delimitación del área de vuelo

La zona de vuelo debe marcarse de forma clara. Puede utilizarse cinta adhesiva en el suelo, conos pequeños, carteles o mesas colocadas como barrera visual.

Para una primera práctica se recomienda una zona aproximada de al menos 3 × 3 metros. Si hay varios drones o varios grupos, debe ampliarse el espacio o realizar vuelos por turnos.

La delimitación debe incluir:

1. Zona de despegue.
2. Zona de vuelo.
3. Zona de observación.
4. Posición del docente.
5. Posición del alumnado.
6. Zona de material y baterías.

El alumnado debe comprender que la zona de vuelo no se invade mientras el dron esté encendido o en movimiento.

3.7.3. Superficie de despegue

El dron debe despegar desde una superficie plana. No se recomienda despegar desde la mano en las primeras sesiones. La superficie ideal debe ser:

- horizontal;
- estable;
- seca;
- no reflectante;
- con cierta textura;
- alejada de bordes de mesa;
- libre de papeles sueltos u objetos ligeros.

Puede utilizarse una alfombrilla marcada como “helipuerto” o zona de despegue. Esto ayuda al alumnado a visualizar el punto inicial y facilita la organización de turnos.

3.8. Revisión física antes del vuelo

Antes de cada vuelo debe realizarse una comprobación breve. En el aula, esta comprobación puede convertirse en un ritual de seguridad.

3.8.1. Checklist previo

Elemento	Comprobación	Resultado
Batería	Cargada y bien colocada	☐ Correcto ☐ Revisar
Hélices	Sin grietas, deformaciones ni holguras	☐ Correcto ☐ Revisar
Protectores	Instalados y firmes	☐ Correcto ☐ Revisar
Motores	Sin obstrucciones visibles	☐ Correcto ☐ Revisar
Cámara	Limpia y sin golpes	☐ Correcto ☐ Revisar
Sensores inferiores	Limpios y sin obstrucciones	☐ Correcto ☐ Revisar
Puerto USB	Sin cable conectado antes del vuelo	☐ Correcto ☐ Revisar
Zona de vuelo	Despejada y delimitada	☐ Correcto ☐ Revisar
Alumnado	Fuera del área de vuelo	☐ Correcto ☐ Revisar
Dispositivo móvil	Con batería suficiente	☐ Correcto ☐ Revisar
Conexión Wi-Fi	Conectado a la red del dron	☐ Correcto ☐ Revisar
Imagen de cámara	Visible en la aplicación	☐ Correcto ☐ Revisar

Si alguno de estos puntos no está correcto, no debe realizarse el despegue.

3.9. Encendido del dron

Para encender el dron:

1. Coloque el dron en la zona de despegue.
2. Asegúrese de que está sobre una superficie plana.
3. Compruebe que las hélices están libres.
4. Pulse una vez el botón de encendido.
5. Espere a que se active el indicador luminoso.
6. No toque el dron mientras se inicia.
7. No intente despegar hasta que la aplicación esté conectada.

Para apagarlo:

1. Aterrice primero.
2. Espere a que las hélices se detengan completamente.
3. Pulse de nuevo el botón de encendido.
4. Compruebe que el indicador luminoso se apaga.
5. Retire la batería solo si es necesario.

Una norma básica para el alumnado debe ser: no se toca el dron mientras esté encendido, salvo indicación expresa del docente y siempre con las hélices detenidas.

3.10. Conexión Wi-Fi con el dron

El Tello genera una red Wi-Fi propia. El dispositivo móvil debe conectarse a esa red para controlarlo.

Procedimiento

1. Encienda el dron.
2. Abra los ajustes Wi-Fi del dispositivo móvil.
3. Busque una red con nombre similar a Tello-XXXXXX.
4. Seleccione esa red.
5. Espere a que el dispositivo confirme la conexión.
6. Ignore, si aparece, el aviso de que la red no tiene internet.
7. Abra la aplicación Tello o Tello EDU.
8. Compruebe que aparece la imagen de la cámara.

Es habitual que el dispositivo móvil indique que la red no tiene acceso a internet. Esto no es un error. La red se utiliza para comunicarse con el dron, no para navegar por internet.

Problemas habituales de conexión

Problema	Posible causa	Recomendaciones
No aparece la red del dron	El dron no está encendido o está iniciándose	Apagar, esperar unos segundos y volver a encender
Aparece la red, pero no conecta	El móvil mantiene otra red preferente	Olvidar temporalmente otras redes o seleccionar manualmente Tello
La aplicación no muestra imagen	Conexión Wi-Fi incompleta	Cerrar y abrir la app; comprobar red
La imagen va con retraso	Interferencias Wi-Fi	Acercar el dispositivo, reducir redes próximas o cambiar de espacio
Varios grupos se conectan al dron equivocado	Drones sin etiquetar	Etiquetar físicamente cada dron y su red
Se pierde la conexión durante el vuelo	Distancia, interferencias o batería baja	Aterrizar y revisar condiciones

3.11. Apertura de la aplicación y comprobación inicial

Una vez conectado el dispositivo móvil a la red Wi-Fi del dron, se abre la aplicación.

Antes de despegar, el docente debe comprobar:

1. Que se muestra la imagen en vivo de la cámara.
2. Que el nivel de batería es suficiente.
3. Que no aparece ninguna advertencia crítica.
4. Que el modo de control es adecuado.
5. Que los botones de despegue y aterrizaje automáticos están visibles.
6. Que el alumnado está fuera del área de vuelo.
7. Que el dron está orientado correctamente.

En una primera sesión, se recomienda que solo el docente maneje la aplicación durante la demostración inicial. Posteriormente, el alumnado podrá utilizarla por turnos.

3.12. Primer vuelo de prueba

El primer vuelo debe ser sencillo, corto y controlado. Su finalidad no es realizar maniobras, sino comprobar que el dron despegue, se estabiliza, responde y aterriza correctamente.

3.12.1. Secuencia recomendada

1. Colocar el dron en la zona de despegue.
2. Verificar que la cámara en vivo se ve en la aplicación.

3. Avisar verbalmente: “Dron preparado para despegar”.
4. Comprobar que nadie invade la zona de vuelo.
5. Pulsar el botón de despegue automático.
6. Esperar a que el dron ascienda y se estabilice.
7. Mantener vuelo estacionario unos segundos.
8. Realizar un pequeño movimiento hacia delante.
9. Realizar un pequeño movimiento hacia atrás.
10. Realizar un giro suave.
11. Detener movimientos.
12. Pulsar aterrizaje automático.
13. Esperar a que las hélices se detengan.
14. Apagar el dron.

La duración de este primer vuelo no debería superar uno o dos minutos. Es preferible realizar varios vuelos cortos que un vuelo largo e improvisado.

3.12.2. Control básico con palancas virtuales

En el modo habitual de control, la aplicación presenta dos palancas virtuales:

Control	Acción principal
Palanca izquierda hacia arriba	Ascender
Palanca izquierda hacia abajo	Descender
Palanca izquierda a izquierda/derecha	Girar sobre el eje vertical
Palanca derecha hacia arriba	Avanzar
Palanca derecha hacia abajo	Retroceder
Palanca derecha a izquierda/derecha	Desplazamiento lateral

En la primera sesión no conviene realizar movimientos rápidos ni desplazamientos amplios. El docente debe practicar movimientos suaves y breves.

3.13. Primera demostración con alumnado

Cuando el docente ya ha realizado su prueba previa, puede hacer una primera demostración en clase.

Secuencia didáctica recomendada

1. Mostrar el dron apagado.
2. Identificar cámara, hélices, batería, sensores y protectores.
3. Explicar que no es un juguete, sino un equipo técnico.
4. Presentar las normas de seguridad.
5. Delimitar la zona de vuelo.

6. Encender el dron.
7. Conectar el dispositivo móvil.
8. Mostrar la cámara en directo en pantalla, si es posible.
9. Realizar un despegue automático.
10. Mantener vuelo estacionario.
11. Hacer un desplazamiento mínimo.
12. Aterrizar automáticamente.
13. Apagar el dron.
14. Comentar qué ha ocurrido.

Esta demostración puede durar entre 10 y 15 minutos. Es importante no convertirla en un espectáculo improvisado. El objetivo es que el alumnado vea un procedimiento técnico ordenado.

3.14. Organización de turnos en una primera práctica

Si se permite que el alumnado participe en la primera sesión, debe hacerse por turnos y con roles definidos.

Roles recomendados

Rol	Función
Piloto	Maneja la aplicación bajo supervisión
Observador de seguridad	Vigila que nadie entre en la zona de vuelo
Responsable de batería	Comprueba el nivel antes y después del vuelo
Responsable de registro	Anota incidencias o resultados
Responsable de material	Revisa hélices, protectores y orden del equipo

En una primera práctica, no todos los estudiantes necesitan pilotar. Puede ser suficiente con que observen, registren y analicen. El pilotaje individual puede reservarse para sesiones posteriores.

3.15. Cierre de la sesión

El cierre de la sesión es una parte importante de la puesta en marcha. No debe limitarse a apagar el dron.

Procedimiento de cierre

1. Aterrizar el dron.
2. Esperar a que las hélices se detengan.
3. Apagar el dron.

4. Cerrar la aplicación.
5. Desconectar el dispositivo móvil de la red del dron.
6. Revisar visualmente hélices y protectores.
7. Comprobar si la batería está caliente.
8. Retirar la batería si se va a guardar el equipo.
9. Anotar incidencias.
10. Guardar el dron en su caja o contenedor.
11. Separar baterías usadas de baterías cargadas.
12. Dejar el espacio de vuelo como estaba.

El registro de incidencias es especialmente útil en centros donde varios docentes utilizan el mismo material. Permite saber si un dron ha sufrido una caída, si una batería dura menos de lo habitual o si alguna hélice debe sustituirse.

3.16. Tabla de tiempos para una primera sesión docente

Una primera sesión de puesta en marcha puede organizarse en aproximadamente 50 minutos.

Fase	Duración aproximada	Actividad
Presentación del equipo	5 min	Mostrar el dron y sus componentes
Normas de seguridad	5 min	Explicar zona de vuelo y conducta
Preparación del material	5 min	Batería, app, Wi-Fi, espacio
Conexión y cámara	5 min	Conectar y comprobar imagen
Demostración docente	10 min	Despegue, vuelo breve y aterrizaje
Turno guiado de alumnado	10-15 min	Participación controlada
Cierre y revisión	5 min	Apagado, revisión y registro

Si el grupo es numeroso o solo se dispone de un dron, la primera sesión puede centrarse exclusivamente en demostración, observación y análisis. No es imprescindible que todos vuelen el primer día.

3.17. Incidencias frecuentes en la puesta en marcha

3.17.1. El dron no enciende

Posibles causas:

- batería descargada;
- batería mal colocada;

- botón no pulsado correctamente;
- batería dañada;
- dron averiado.

Solución:

1. Retirar y volver a insertar la batería.
2. Probar con una batería cargada.
3. Comprobar el indicador luminoso.
4. No insistir si no responde.
5. Registrar la incidencia.

3.17.2. El dispositivo móvil no encuentra la red Wi-Fi

Posibles causas:

- el dron no está encendido;
- todavía no ha terminado de iniciarse;
- el dispositivo está conectado a otra red;
- hay interferencias;
- el Wi-Fi del móvil está desactivado.

Solución:

1. Apagar y encender el dron.
2. Esperar unos segundos.
3. Activar Wi-Fi en el móvil.
4. Buscar manualmente la red Tello-XXXXXX.
5. Acercar el móvil al dron.
6. Reiniciar la aplicación.

3.17.3. La aplicación no muestra la cámara

Posibles causas:

- conexión Wi-Fi incorrecta;
- aplicación bloqueada;
- permisos no concedidos;
- interferencia de red;
- dron aún no preparado.

Solución:

1. Confirmar que el móvil está conectado a la red del dron.
2. Cerrar y volver a abrir la aplicación.
3. Revisar permisos.

4. Reiniciar el dron.
 5. Probar con otro dispositivo móvil.
-

3.17.4. El dron despega, pero deriva

Posibles causas:

- suelo sin textura;
- mala iluminación;
- corriente de aire;
- sensores inferiores sucios;
- superficie reflectante;
- calibración incorrecta.

Solución:

1. Aterrizar.
 2. Revisar la superficie de vuelo.
 3. Mejorar la iluminación.
 4. Limpiar sensores inferiores.
 5. Cambiar a una zona con suelo más adecuado.
 6. Recalibrar si la aplicación lo solicita.
-

3.17.5. El dron no responde con precisión

Posibles causas:

- movimientos demasiado bruscos;
- modo rápido activado;
- interferencias Wi-Fi;
- batería baja;
- exceso de distancia;
- falta de práctica del piloto.

Solución:

1. Reducir la velocidad de vuelo si la aplicación lo permite.
 2. Volar más cerca del dispositivo.
 3. Usar movimientos breves.
 4. Aterrizar si la batería es baja.
 5. Practicar primero sin alumnado alrededor.
-

3.17.6. El dron golpea un obstáculo

Procedimiento:

1. Aterrizar o detener motores si es necesario.
2. No coger el dron mientras las hélices giran.
3. Apagar el dron.
4. Revisar hélices.
5. Revisar protectores.
6. Revisar motores.
7. Comprobar que no hay piezas sueltas.
8. Registrar la incidencia.
9. No volver a volar si hay daños visibles.

3.18. Puesta en marcha específica del Tello EDU

La puesta en marcha del Tello EDU es similar a la del Tello estándar. La diferencia principal aparece cuando se utilizan funciones educativas, programación o Mission Pads.

Para una primera sesión con Tello EDU se recomienda:

1. Realizar primero un vuelo manual básico.
2. Comprobar conexión con la aplicación.
3. No comenzar directamente con programación.
4. Presentar los Mission Pads solo como material complementario.
5. Explicar que se utilizarán en sesiones posteriores.
6. Realizar un primer despegue y aterrizaje automático.
7. Comprobar que el alumnado entiende la orientación del dron.

Una vez superada la primera puesta en marcha, el Tello EDU puede emplearse para actividades de trayectorias, coordenadas y programación por bloques.

3.19. Puesta en marcha específica del Tello Talent

El RoboMaster Tello Talent añade elementos como módulo de expansión, matriz LED, sensor ToF y posibilidades avanzadas de programación. Sin embargo, la primera puesta en marcha debe mantenerse sencilla.

Para una primera sesión con Tello Talent se recomienda:

1. Comprobar que el módulo de expansión está correctamente instalado.
2. Revisar que no haya piezas sueltas.
3. Cargar completamente la batería.
4. Tener en cuenta que el módulo puede reducir la autonomía.
5. Realizar primero un vuelo básico sin programación avanzada.
6. No iniciar todavía actividades con sensores.
7. No iniciar todavía actividades de enjambre.
8. Utilizar la matriz LED solo como demostración si ya está configurada.
9. Priorizar seguridad y familiarización.

El Tello Talent ofrece muchas posibilidades, pero no conviene utilizarlas todas en la primera sesión. Una progresión adecuada evita frustración y mejora la seguridad.

3.20. Protocolo de emergencia para principiantes

Antes de despegar, el docente debe tener claro qué hacer, si algo va mal.

Situaciones de emergencia

Situación	Respuesta recomendada
El dron se acerca a una persona	Aterrizar inmediatamente
El dron pierde estabilidad	Aterrizar si es posible
El dron se desplaza hacia un obstáculo	Soltar controles y ordenar aterrizaje
Se pierde la conexión	Mantener despejada la zona y esperar comportamiento de seguridad
Batería baja	Aterrizar sin continuar la práctica
Hélice rota	Apagar y retirar del uso
Alumno entra en la zona de vuelo	Aterrizar y detener la actividad
Caída o golpe	Apagar, revisar y registrar

El docente debe explicar al alumnado que una emergencia no es un fracaso. Forma parte del trabajo con sistemas reales. Lo importante es responder de forma ordenada.

3.21. Normas básicas para alumnado en la primera sesión

Antes de iniciar cualquier vuelo, el alumnado debe conocer y aceptar unas normas mínimas:

1. Nadie entra en la zona de vuelo sin permiso.
2. Nadie toca el dron encendido.
3. Nadie toca las hélices.
4. Nadie intenta coger el dron en el aire.
5. Se mantiene la distancia de seguridad.
6. Se atiende siempre a la instrucción del docente.
7. Solo pilota quien tiene asignado el rol.
8. No se graba a personas sin autorización.
9. Si ocurre algo inesperado, se avisa y se espera.
10. La seguridad está por encima de completar la actividad.

Estas normas deben repetirse en cada sesión hasta que formen parte de la rutina de aula.

3.22. Checklist final de puesta en marcha

La siguiente lista puede imprimirse y plastificarse para utilizarla junto al material.

Antes de la sesión

Comprobación	Sí/No
Baterías cargadas	☐
Aplicación instalada	☐
Dispositivo móvil cargado	☐
Hélices revisadas	☐
Protectores colocados	☐
Espacio reservado	☐
Zona de vuelo delimitada	☐
Normas preparadas	☐
Material de repuesto disponible	☐
Ficha de incidencias preparada	☐

Antes del despegue

Comprobación	Sí/No
Dron sobre superficie plana	☐
Batería bien colocada	☐
Dron encendido	☐
Móvil conectado a red Tello	☐
Cámara visible en la aplicación	☐
Alumnado fuera de la zona de vuelo	☐
Hélices libres	☐
Nivel de batería suficiente	☐
Docente preparado para aterrizar	☐

Después del vuelo

Comprobación	Sí/No
Dron aterrizado	☐
Hélices detenidas	☐
Dron apagado	☐
Batería retirada o controlada	☐
Hélices revisadas	☐
Protectores revisados	☐
Incidencias anotadas	☐

Comprobación	Sí/No
Material guardado	☐
Baterías usadas separadas	☐
Espacio recogido	☐

3.23. Recomendaciones finales para docentes sin experiencia

La primera puesta en marcha debe ser prudente. El error más habitual es querer hacer demasiado en la primera sesión: volar, grabar vídeo, programar, usar sensores, hacer retos y permitir que todos los alumnos piloten. Esta acumulación aumenta el riesgo de fallos y reduce el aprendizaje real.

Para una primera experiencia satisfactoria se recomienda:

- realizar vuelos cortos;
- volar de uno en uno;
- usar siempre protectores;
- evitar espacios con viento;
- no apurar la batería;
- practicar antes sin alumnado;
- explicar las normas antes de encender el dron;
- no improvisar maniobras;
- registrar incidencias;
- cerrar la sesión con reflexión.

El objetivo de la primera puesta en marcha no es demostrar todo lo que el dron puede hacer, sino establecer una base segura y ordenada para las sesiones posteriores. Si el primer día el alumnado comprende cómo se prepara el dron, cómo se conecta, cómo despega, cómo aterriza y por qué hay que respetar normas de seguridad, la sesión habrá cumplido su propósito.

3.24. Cierre del capítulo

La puesta en marcha constituye el puente entre el conocimiento técnico del dron y su uso real en el aula. Un procedimiento claro reduce incidencias, mejora la seguridad y permite que el profesorado se centre en los objetivos educativos.

A partir de este punto, el docente ya dispone de una secuencia básica para preparar el equipo, conectar la aplicación, comprobar el estado del dron, realizar un vuelo de prueba y cerrar correctamente la sesión.

El siguiente capítulo abordará el **pilotaje**, desarrollando con más detalle los controles básicos, los modos de vuelo, las maniobras iniciales, el uso de la cámara, el vuelo interior, el vuelo exterior controlado y las recomendaciones para progresar desde el manejo manual hacia actividades más estructuradas.



Capítulo 4. Pilotaje

4.1. Introducción

El pilotaje del DJI Tello, Tello EDU o RoboMaster Tello Talent constituye la primera forma de interacción directa con el dron en vuelo. Antes de abordar la programación, los sensores, los Mission Pads o los proyectos avanzados, es necesario que el profesorado y el alumnado comprendan cómo se comporta el dron cuando se maneja manualmente.

Pilotar no significa simplemente “mover el dron”. Implica conocer su orientación, anticipar su desplazamiento, mantener una distancia de seguridad, controlar la altura, responder ante pequeñas desviaciones y aterrizar de forma ordenada. En un entorno educativo, el pilotaje debe entenderse como una actividad técnica supervisada, no como una demostración improvisada.

Este capítulo diferencia cuatro niveles de uso:

11. Vuelo manual básico.
12. Maniobras controladas.
13. Fotografía y vídeo.
14. Primeros ejercicios de precisión.

La progresión propuesta permite que docentes sin experiencia previa puedan avanzar desde el manejo elemental hasta pequeñas actividades de entrenamiento, manteniendo siempre el principio fundamental de seguridad: el dron debe permanecer visible, controlado y dentro de una zona de vuelo delimitada.

4.2. Objetivos del capítulo

Al finalizar el docente debería ser capaz de:

15. Explicar los controles básicos del dron.
 16. Realizar despegue y aterrizaje automáticos.
 17. Mantener el dron en vuelo estacionario.
 18. Ejecutar desplazamientos suaves hacia delante, atrás, izquierda y derecha.
 19. Realizar giros controlados sobre el eje vertical.
 20. Diferenciar vuelo básico, maniobra controlada y ejercicio de precisión.
 21. Utilizar la cámara para fotografía y vídeo de forma responsable.
 22. Organizar turnos de pilotaje seguros con alumnado.
 23. Identificar errores frecuentes de pilotaje.
 24. Diseñar ejercicios iniciales de precisión adaptados a un aula.
-

4.3. Principios básicos de pilotaje seguro

Antes de comenzar a volar, conviene recordar que el Tello es un equipo técnico con hélices en movimiento. Aunque su tamaño sea reducido, puede golpear objetos, dañar sus hélices o provocar pequeños accidentes si se usa sin control.

Todo pilotaje educativo debe respetar los siguientes principios:

- El dron debe permanecer siempre a la vista.
- El piloto debe estar concentrado exclusivamente en el vuelo.
- No debe contestar mensajes, llamadas ni distraerse durante el pilotaje.
- Nadie debe entrar en la zona de vuelo mientras el dron esté en el aire.
- El dron debe volar en un espacio despejado, sin obstáculos cercanos.
- No se debe volar con viento o corrientes de aire apreciables.
- Debe aterrizar inmediatamente si aparece aviso de batería baja.
- No debe volarse sobre superficies reflectantes, agua, cristales o suelos sin referencias visuales.
- El docente debe poder ordenar el aterrizaje en cualquier momento.
- Las maniobras complejas deben reservarse para fases posteriores.

En un aula, pilotar despacio es pilotar bien. La velocidad no aporta valor educativo en las primeras sesiones; en cambio, aumenta la dificultad y el riesgo.

4.4. Orientación del dron

Uno de los primeros problemas que encuentran los principiantes es la orientación. El dron no siempre se mueve “hacia donde mira el alumno”, sino hacia donde apunta su

propia parte frontal. Por ello, antes de despegar debe identificarse siempre la cámara frontal.

4.4.1. Parte frontal

La parte frontal del Tello se identifica por la cámara. Cuando el dron avanza, lo hace en la dirección hacia la que apunta esa cámara.

4.4.2. Parte posterior

La parte posterior es el lado opuesto a la cámara. En la práctica, cuando el dron está mirando hacia el piloto, los controles laterales pueden resultar contraintuitivos para principiantes.

4.4.3. Recomendación inicial

En los primeros vuelos se recomienda colocar el dron de modo que la cámara apunte en la misma dirección que el piloto. Así, avanzar, retroceder, izquierda y derecha coinciden de forma intuitiva con la percepción del usuario.

Solo cuando el alumnado haya entendido esta relación se pueden plantear ejercicios con el dron mirando hacia el piloto, lo que exige invertir mentalmente algunos movimientos.

4.5. Controles básicos de la aplicación

La aplicación de control presenta habitualmente dos palancas virtuales. En el modo más común, la palanca izquierda controla la altura y el giro, mientras que la palanca derecha controla el desplazamiento horizontal.

Control	Movimiento del dron	Explicación didáctica
Palanca izquierda hacia arriba	Ascenso	El dron aumenta altura
Palanca izquierda hacia abajo	Descenso	El dron reduce altura
Palanca izquierda hacia la izquierda	Giro antihorario	El dron rota sobre sí mismo hacia la izquierda
Palanca izquierda hacia la derecha	Giro horario	El dron rota sobre sí mismo hacia la derecha
Palanca derecha hacia arriba	Avance	El dron se desplaza hacia delante
Palanca derecha hacia abajo	Retroceso	El dron se desplaza hacia atrás
Palanca derecha hacia la izquierda	Desplazamiento lateral izquierdo	El dron se mueve lateralmente

Control	Movimiento del dron	Explicación didáctica
Palanca derecha hacia la derecha	Desplazamiento lateral derecho	El dron se mueve lateralmente

La recomendación, para principiantes, es realizar pulsaciones suaves, breves y separadas. No conviene mantener una palanca presionada durante mucho tiempo, porque el dron puede alejarse rápidamente de la zona de seguridad.

4.6. Despegue automático

El despegue automático es la forma más segura y sencilla de iniciar el vuelo en una primera práctica. Permite que el dron ascienda hasta una altura inicial y se estabilice sin exigir al piloto controlar manualmente los motores desde el primer segundo.

Procedimiento recomendado

25. Colocar el dron en la zona de despegue.
26. Comprobar que la superficie es plana.
27. Verificar que las hélices están libres.
28. Confirmar que nadie está dentro de la zona de vuelo.
29. Avisar verbalmente: "Preparado para despegar".
30. Pulsar el botón de despegue automático.
31. Esperar sin tocar los controles.
32. Observar si el dron se estabiliza.
33. No iniciar desplazamientos hasta que el vuelo estacionario sea estable.

El error más frecuente es tocar los controles inmediatamente después del despegue. Para un principiante, es preferible esperar unos segundos y comprobar que el dron mantiene la posición.

4.7. Vuelo estacionario

El vuelo estacionario consiste en mantener el dron en el aire, aproximadamente en la misma posición. Es una fase fundamental del aprendizaje, porque permite observar si el dron está correctamente estabilizado.

Durante el vuelo estacionario, el docente debe comprobar:

- si el dron se mantiene estable;
- si deriva hacia algún lado;
- si la altura varía excesivamente;
- si la imagen de la cámara se mantiene;
- si hay interferencias o retraso en el control;
- si el alumnado respeta la distancia de seguridad.

Una pequeña deriva puede ser normal, especialmente si el suelo no ofrece buenas referencias visuales o si hay corrientes de aire. Sin embargo, si la deriva es clara y persistente, se recomienda aterrizar y revisar las condiciones del entorno.

Actividad inicial recomendada

Ejercicio 1. Observar antes de mover

34. Despegar automáticamente.
35. No tocar los controles durante 10 segundos.
36. Observar si el dron se mantiene estable.
37. Anotar si deriva y hacia dónde.
38. Aterrizar.

Este ejercicio ayuda al alumnado a entender que el dron utiliza sensores para estabilizarse y que el entorno influye en su comportamiento.

4.8. Aterrizaje automático

El aterrizaje automático debe ser el método habitual de finalización en las primeras sesiones. Reduce el riesgo de descenso brusco y permite que el docente mantenga una secuencia ordenada.

Procedimiento recomendado

39. Detener cualquier desplazamiento.
40. Situar el dron sobre una zona despejada.
41. Avisar: “Preparado para aterrizar”.
42. Pulsar aterrizaje automático.
43. No tocar el dron mientras desciende.
44. Esperar a que las hélices se detengan por completo.
45. Apagar el dron si ha finalizado la práctica.

No debe intentarse coger el dron con la mano durante las primeras sesiones. Aunque algunos modos lo permitan, en un contexto docente inicial es preferible trabajar siempre con despegue y aterrizaje desde superficie plana.

4.9. Vuelo manual básico

El vuelo manual básico consiste en realizar movimientos sencillos, aislados y de poca amplitud. Su finalidad es que el piloto comprenda cómo responde el dron a cada control.

4.9.1. Ascenso y descenso

El ascenso y descenso se controlan con la palanca izquierda en sentido vertical.

Ejercicio recomendado:

- 46. Despegar automáticamente.
- 47. Ascender ligeramente.
- 48. Detener el movimiento.
- 49. Descender ligeramente.
- 50. Mantener vuelo estacionario.
- 51. Aterrizar.

No conviene subir demasiado en interiores. Para prácticas iniciales, basta una altura moderada que permita observar el dron sin acercarlo al techo.

4.9.2. Avance y retroceso

El avance y retroceso se controlan con la palanca derecha hacia arriba o hacia abajo. En los primeros ejercicios, el dron debe estar orientado de espaldas al piloto, con la cámara mirando hacia delante.

Ejercicio recomendado:

- 52. Despegar.
- 53. Avanzar suavemente unos centímetros.
- 54. Detener.
- 55. Retroceder hasta una posición aproximada.
- 56. Detener.
- 57. Aterrizar.

Este ejercicio puede complementarse marcando en el suelo una línea de salida y una línea de llegada.

4.9.3. Desplazamiento lateral

El desplazamiento lateral permite mover el dron hacia izquierda o derecha sin girarlo. Es útil para comprender que un dron puede desplazarse en varios ejes sin cambiar necesariamente su orientación.

Ejercicio recomendado:

- 58. Despegar.
- 59. Desplazarse lentamente a la derecha.
- 60. Detener.
- 61. Desplazarse lentamente a la izquierda.
- 62. Volver cerca del punto inicial.
- 63. Aterrizar.

Se recomienda utilizar desplazamientos cortos, especialmente si el espacio de vuelo es reducido.

4.9.4. Giro sobre el eje vertical

El giro permite orientar la cámara del dron hacia otra dirección. Se controla con la palanca izquierda hacia izquierda o derecha.

Ejercicio recomendado:

64. Despegar.
65. Girar 45 grados aproximadamente.
66. Detener.
67. Girar otros 45 grados.
68. Completar un giro parcial.
69. Volver a la orientación inicial.
70. Aterrizar.

El giro es muy útil para fotografía y vídeo, pero puede desorientar a los principiantes si se combina demasiado pronto con desplazamientos.

4.10. Maniobras controladas

Una maniobra controlada es una combinación de movimientos realizada con un objetivo concreto. A diferencia del vuelo libre, la maniobra tiene inicio, desarrollo y final definidos.

En educación, las maniobras controladas permiten trabajar planificación, precisión, observación y corrección.

4.10.1. Maniobra en línea recta

Objetivo: desplazar el dron desde un punto A hasta un punto B.

Material recomendado:

- cinta adhesiva en el suelo;
- dos marcas visibles;
- zona de vuelo despejada.

Secuencia:

71. Colocar el dron en el punto A.
72. Despegar.
73. Avanzar suavemente hacia el punto B.
74. Detener antes de sobrepasar la marca.
75. Aterrizar.

Variables para observar:

- distancia recorrida;
 - desviación lateral;
 - tiempo empleado;
 - suavidad del movimiento;
 - necesidad de corrección.
-

4.10.2. Maniobra de ida y vuelta

Objetivo: avanzar hasta una marca y regresar al punto inicial.

Secuencia:

76. Despegar desde el punto A.
77. Avanzar hasta el punto B.
78. Detener.
79. Retroceder hacia el punto A.
80. Aterrizar.

Este ejercicio permite trabajar la noción de trayectoria reversible y observar si el dron vuelve exactamente al punto inicial o si existe desviación.

4.10.3. Maniobra lateral

Objetivo: desplazarse entre dos marcas laterales.

Secuencia:

81. Despegar desde el centro.
82. Desplazarse a la derecha.
83. Detener.
84. Desplazarse a la izquierda.
85. Volver al centro.
86. Aterrizar.

Esta maniobra ayuda al alumnado a diferenciar entre “girar” y “desplazarse lateralmente”, dos acciones que suelen confundirse.

4.10.4. Maniobra de giro controlado

Objetivo: orientar la cámara hacia distintos puntos sin desplazar el dron.

Secuencia:

87. Despegar.
88. Mantener posición.
89. Girar lentamente hacia la derecha.

90. Detener cuando la cámara apunte a una marca.
91. Girar hacia la izquierda.
92. Volver a la orientación inicial.
93. Aterrizar.

Este ejercicio resulta útil para comprender la diferencia entre posición y orientación.

4.10.5. Maniobra combinada en “L”

Objetivo: combinar avance y desplazamiento lateral.

Secuencia:

94. Despegar en el punto inicial.
95. Avanzar hasta una marca.
96. Detener.
97. Desplazarse lateralmente hacia otra marca.
98. Detener.
99. Aterrizar.

Este ejercicio es un paso intermedio entre el vuelo manual básico y los recorridos programados.

4.11. Modos de vuelo

El Tello dispone de distintos comportamientos de vuelo, entre ellos un modo estándar y un modo rápido. Para uso educativo inicial, se recomienda trabajar siempre en modo estándar.

4.11.1. Modo estándar

El modo estándar limita la velocidad y favorece un comportamiento más controlado. Es el modo más adecuado para:

- primeras sesiones;
- vuelo en interiores;
- prácticas con alumnado;
- ejercicios de precisión;
- demostraciones;
- actividades con poco espacio.

4.11.2. Modo rápido

El modo rápido permite desplazamientos más veloces y una respuesta más dinámica. Sin embargo, no es recomendable para principiantes ni para aulas reducidas.

Solo debería utilizarse cuando:

- el docente ya conoce bien el dron;
- el espacio es suficientemente amplio;
- no hay alumnado cerca de la zona de vuelo;
- se ha explicado previamente el aumento de riesgo;
- existe una razón didáctica concreta.

En la mayoría de actividades educativas iniciales, el modo rápido no aporta ventajas y puede dificultar el control.

4.12. Funciones automáticas y modos inteligentes

Algunas versiones de la aplicación permiten funciones automáticas como Bounce Mode, 8D Flips o EZ Shots. Estas funciones pueden resultar llamativas y motivadoras, pero deben utilizarse con mucha prudencia.

4.12.1. Bounce Mode

El modo Bounce hace que el dron suba y baje automáticamente. Puede servir para mostrar una función automática sencilla, pero requiere espacio suficiente y supervisión.

Se recomiendan otras maniobras como primera con alumnado.

4.12.2. 8D Flips

Los giros acrobáticos o flips permiten que el dron realice maniobras rápidas. Son visualmente atractivos, pero no son adecuados para espacios reducidos ni para principiantes.

En una publicación docente, conviene presentarlos como función disponible, no como actividad prioritaria.

4.12.3. EZ Shots

Las funciones de grabación automática pueden ser útiles para capturar vídeo, pero requieren espacio suficiente y control del entorno.

Antes de usarlas debe comprobarse:

- que no hay personas cerca;
 - que hay espacio libre alrededor;
 - que el sistema de posicionamiento visual funciona correctamente;
 - que el piloto sabe detener la función;
 - que la grabación respeta la privacidad.
-

4.13. Fotografía y vídeo

La cámara del Tello permite tomar fotografías y grabar vídeo. En el aula, esta función tiene interés técnico, creativo y documental, pero debe manejarse con responsabilidad.

4.13.1. Uso técnico de la cámara

La cámara puede utilizarse para:

- comprobar la orientación del dron;
- observar el entorno desde otra perspectiva;
- registrar una práctica;
- analizar trayectorias;
- documentar resultados;
- introducir visión artificial;
- trabajar encuadre y movimiento.

4.13.2. Captura de fotografías

Para realizar una fotografía:

100. Conectar el dron y abrir la aplicación.
101. Seleccionar modo fotografía.
102. Situar el dron en posición estable.
103. Comprobar el encuadre.
104. Capturar la imagen.
105. Revisar el resultado.
106. Aterrizar si no se va a continuar.

En primeras sesiones se recomienda hacer fotografías con el dron en vuelo estacionario, evitando desplazamientos simultáneos.

4.13.3. Grabación de vídeo

Para grabar vídeo:

107. Seleccionar modo vídeo.
108. Iniciar grabación antes de comenzar la maniobra.
109. Realizar movimientos suaves.
110. Evitar giros bruscos.
111. Detener grabación antes de apagar el dron.
112. Comprobar que el archivo se ha guardado correctamente.

El vídeo con drones pequeños puede presentar vibraciones o cortes si la conexión no es estable. Su valor en este contexto no debe medirse por calidad audiovisual profesional, sino por su utilidad educativa.

4.13.4. Privacidad y grabación en el aula

La cámara no debe utilizarse para grabar al alumnado sin autorización. En actividades educativas, se recomienda orientar la cámara hacia objetos, marcas en el suelo, circuitos o zonas de trabajo, evitando rostros o datos personales.

Normas recomendadas:

- No grabar personas sin permiso.
- No difundir vídeos de aula sin autorización.
- No grabar espacios ajenos a la práctica.
- No realizar vigilancia ni seguimiento de personas.
- Borrar pruebas no necesarias.
- Informar al alumnado de cuándo se graba y para qué.

Este punto debe formar parte de la educación digital y ética asociada al uso de drones.

4.14. Primeros ejercicios de precisión

Los ejercicios de precisión permiten transformar el pilotaje en una actividad didáctica evaluable. No se trata de competir por velocidad, sino de mejorar control, observación y corrección.

4.14.1. Ejercicio 1. Despegue, estabilización y aterrizaje

Objetivo: realizar un ciclo completo sin desplazamiento.

Secuencia:

113. Despegar.
114. Mantener vuelo estacionario 10 segundos.
115. Aterrizar.

Criterios de logro:

- el dron despegue sin tocar obstáculos;
 - mantiene una posición aproximada;
 - aterriza en zona segura;
 - el piloto no realiza movimientos bruscos.
-

4.14.2. Ejercicio 2. Avance corto y regreso

Objetivo: controlar avance y retroceso.

Secuencia:

116. Despegar.

117. Avanzar hasta una marca.
118. Detener.
119. Retroceder hacia el punto inicial.
120. Aterrizar.

Criterios de logro:

- el dron no sale de la zona de vuelo;
- se detiene cerca de la marca;
- regresa de forma controlada;
- no se apura la batería.

4.14.3. Ejercicio 3. Cuadrado manual

Objetivo: recorrer manualmente una trayectoria cuadrada.

Secuencia:

121. Despegar en una esquina.
122. Avanzar hasta la segunda marca.
123. Desplazarse lateralmente.
124. Retroceder.
125. Desplazarse lateralmente al punto inicial.
126. Aterrizar.

Este ejercicio debe realizarse lentamente y con marcas amplias en el suelo. Es una buena preparación para la posterior programación de trayectorias geométricas.

4.14.4. Ejercicio 4. Giro hacia objetivos

Objetivo: orientar la cámara hacia diferentes marcas, sin desplazar el dron.

Material:

- tres carteles o conos numerados;
- zona central de vuelo.

Secuencia:

127. Despegar en el centro.
128. Girar hasta enfocar el cartel 1.
129. Detener.
130. Girar hasta enfocar el cartel 2.
131. Detener.
132. Girar hasta enfocar el cartel 3.
133. Aterrizar.

Criterios de logro:

- el dron mantiene posición;
- la cámara apunta aproximadamente al objetivo;
- los giros son suaves;
- el piloto no mezcla giro con desplazamiento.

4.14.5. Ejercicio 5. Fotografía de una marca

Objetivo: capturar una imagen de una marca concreta.

Secuencia:

134. Despegar.
135. Orientar el dron hacia la marca.
136. Ajustar suavemente posición.
137. Tomar fotografía.
138. Aterrizar.
139. Revisar la imagen.

Este ejercicio integra pilotaje, orientación, cámara y observación.

4.15. Organización del pilotaje con alumnado

En una sesión con alumnado, no debe permitirse que todos manipulen el dron simultáneamente. El pilotaje debe organizarse por turnos y con roles.

Roles recomendados

Rol	Función
Piloto	Maneja la aplicación
Copiloto	Lee la secuencia de acciones
Observador de seguridad	Vigila la zona de vuelo
Responsable de batería	Controla nivel antes y después
Responsable de registro	Anota errores y resultados
Responsable de material	Revisa el dron tras el vuelo

Esta organización convierte una actividad potencialmente caótica en una práctica cooperativa. Además, permite que incluso quienes no pilotan estén participando de forma activa.

4.16. Errores frecuentes de pilotaje

4.16.1. Mover demasiado los controles

El error más común es desplazar demasiado las palancas. El dron responde con rapidez y puede salir de la zona de vuelo.

Solución: usar movimientos breves y suaves.

4.16.2. Confundir orientación del dron

Cuando el dron mira hacia el piloto, los movimientos laterales pueden parecer invertidos.

Solución: comenzar siempre con la cámara mirando en dirección opuesta al piloto y practicar después la orientación inversa.

4.16.3. Volar demasiado alto

En interiores, volar cerca del techo puede generar riesgo de colisión y pérdida de control.

Solución: mantener alturas moderadas y adecuadas al espacio.

4.16.4. No aterrizar ante batería baja

Apurar la batería puede provocar aterrizajes automáticos inesperados o pérdida de control.

Solución: aterrizar al primer aviso de batería baja.

4.16.5. Volar sobre superficies inadecuadas

Los suelos muy brillantes, transparentes, reflectantes o sin textura pueden afectar al sistema de posicionamiento visual.

Solución: usar una superficie con patrón visible o colocar una zona de vuelo marcada.

4.16.6. Grabar sin planificación

Activar vídeo o fotografía sin un objetivo claro puede distraer al piloto.

Solución: separar las prácticas de pilotaje de las prácticas de grabación hasta que el alumnado domine los controles básicos.

4.17. Tabla de progresión recomendada

Nivel	Objetivo	Actividad	Requisito previo
1	Conocer controles	Despegue y aterrizaje	Puesta en marcha completada
2	Mantener estabilidad	Vuelo estacionario	Área segura
3	Controlar desplazamiento	Avance y retroceso	Orientación comprendida
4	Controlar lateralidad	Movimiento izquierda-derecha	Dominio básico
5	Controlar orientación	Giros suaves	Mantener altura estable
6	Combinar movimientos	Trayectoria en L	Desplazamientos aislados dominados
7	Mejorar precisión	Cuadrado manual	Maniobras básicas controladas
8	Usar cámara	Foto o vídeo de marca	Vuelo estable
9	Preparar programación	Repetir trayectoria manual	Comprensión de secuencia
10	Pasar a vuelo programado	Reproducir la trayectoria con bloques	Seguridad y control básico

Esta progresión permite conectar el pilotaje manual con el capítulo posterior de programación. Antes de programar un cuadrado, por ejemplo, es conveniente que el alumnado haya intentado realizarlo manualmente.

4.18. Evaluación básica del pilotaje

Aunque este volumen es técnico, conviene incluir una pauta mínima de evaluación para saber si el alumnado está preparado y pasar a actividades más avanzadas.

Indicador	Nivel inicial	Nivel adecuado	Nivel avanzado
Respetar normas de seguridad	Necesita recordatorios frecuentes	Respetar la zona y las instrucciones	Además ayuda a supervisar
Controla despegue y aterrizaje	Duda o actúa con precipitación	Ejecuta la secuencia correctamente	Lo hace con autonomía

Indicador	Nivel inicial	Nivel adecuado	Nivel avanzado
Mantiene vuelo estacionario	Toca controles sin necesidad	Observa antes de actuar	Corrige suavemente
Ejecuta desplazamientos	Movimientos bruscos	Movimientos cortos y controlados	Ajusta con precisión
Comprende orientación	Confunde frontal/lateral	Identifica la cámara como referencia	Pilota con orientación invertida
Usa cámara	Se distrae con la imagen	Captura con objetivo claro	Planifica encuadre y movimiento
Responde ante incidencias	Se bloquea	Aterrizo o avisa	Propone correcciones

Esta evaluación no debe utilizarse para penalizar el error, sino para decidir cuándo avanzar hacia programación, sensores o retos de precisión.

4.19. Recomendaciones para fotografía y vídeo educativo

Para que las imágenes o vídeos sean útiles en una práctica, deben planificarse antes del vuelo.

Recomendaciones

- Definir qué se quiere grabar.
- Comprobar que no aparecen personas sin autorización.
- Usar vuelos lentos.
- Evitar giros bruscos.
- Grabar trayectorias cortas.
- Revisar el archivo antes de apagar todo el sistema.
- Utilizar los vídeos para analizar errores de trayectoria.
- No convertir la grabación en el objetivo principal de la sesión inicial.

Ejemplos de uso educativo:

- grabar un recorrido en línea recta;
- comparar dos intentos del mismo ejercicio;
- analizar si el dron mantiene altura;
- observar desviaciones laterales;
- capturar una imagen de una marca;
- documentar una práctica para el cuaderno de laboratorio.

4.20. Recomendaciones específicas para interiores

El Tello está especialmente indicado para vuelo interior controlado, pero ello no significa que cualquier interior sea adecuado.

Condiciones recomendadas

Condición	Recomendación
Iluminación	Suficiente y estable
Suelo	Con textura o marcas visibles
Espacio	Mínimo 3 × 3 m para prácticas básicas
Techo	Altura suficiente para evitar colisiones
Obstáculos	Retirados o alejados
Personas	Fuera de la zona de vuelo
Ventilación	Sin corrientes fuertes
Wi-Fi	Evitar saturación o interferencias
Superficie de aterrizaje	Plana y seca
Modo de vuelo	Estándar

En interiores no se recomienda utilizar modo rápido, flips o grabaciones automáticas complejas durante las primeras sesiones.

4.21. Recomendaciones específicas para exteriores controlados

Aunque el Tello puede volar en exteriores en determinadas condiciones, para uso educativo inicial se recomienda priorizar interiores. Si se realiza una práctica exterior, debe tratarse de un entorno muy controlado.

Solo se debería volar en exterior si:

- no hay viento;
- no hay lluvia, niebla ni humedad;
- el espacio está despejado;
- no hay personas próximas;
- se mantiene línea visual directa;
- no se vuela cerca de carreteras, árboles, cables, agua o edificios;
- se respeta la normativa aplicable;
- el docente conoce previamente el comportamiento del dron.

El Tello es ligero y puede verse afectado por brisas que en apariencia parecen poco importantes. Por ello, en centros educativos es más prudente considerar el exterior como una opción avanzada y no como el entorno habitual de iniciación.

4.22. Del pilotaje manual a la programación

El pilotaje manual tiene un valor didáctico propio, pero también prepara al alumnado para la programación. Cuando un estudiante ha realizado manualmente un recorrido, comprende mejor qué significa después programarlo.

Por ejemplo, antes de programar un cuadrado, puede experimentar manualmente que necesita:

140. despegar;
141. avanzar;
142. detenerse;
143. girar o desplazarse;
144. repetir una secuencia;
145. aterrizar.

Esta experiencia facilita la comprensión de algoritmo, secuencia, bucle y depuración. Si el dron no termina exactamente donde se esperaba, el alumnado entiende que los sistemas físicos tienen tolerancias y que el código debe ajustarse a la realidad.

El paso recomendado es:

146. Observar el movimiento.
147. Pilotarlo manualmente.
148. Dibujar la trayectoria.
149. Escribir la secuencia en lenguaje natural.
150. Traducirla a bloques o código.
151. Ejecutarla.
152. Comparar resultado esperado y resultado real.

4.23. Checklist de pilotaje para el aula

Antes del vuelo

Comprobación	Sí/No
Zona delimitada	☐
Alumnado fuera del área	☐
Batería suficiente	☐
Protectores instalados	☐
Hélices revisadas	☐
Cámara visible en aplicación	☐
Modo estándar seleccionado	☐
Piloto identificado	☐
Observador de seguridad asignado	☐

Comprobación	Sí/No
Aterrizaje preparado	☐

Durante el vuelo

Comprobación	Sí/No
Dron siempre visible	☐
Movimientos suaves	☐
Altura moderada	☐
Sin personas en la zona	☐
Sin aviso de batería baja	☐
Sin pérdida de conexión	☐
Piloto concentrado	☐
Docente supervisando	☐

Después del vuelo

Comprobación	Sí/No
Dron aterrizado	☐
Hélices detenidas	☐
Dron apagado	☐
Batería revisada	☐
Hélices sin daños	☐
Incidencias anotadas	☐
Foto/vídeo revisado, si procede	☐
Material guardado	☐

4.24. A modo de cierre

El pilotaje es la base práctica sobre la que se construyen las actividades posteriores con drones educativos. Un alumno que comprende cómo se mueve el dron, cómo responde a los controles y qué limitaciones presenta estará mejor preparado para programarlo, analizar su comportamiento y resolver problemas.

En las primeras sesiones, el objetivo no debe ser la espectacularidad, sino la seguridad, la observación y el control progresivo. Los movimientos suaves, los vuelos cortos, la delimitación del espacio y la reflexión posterior son más importantes que las maniobras rápidas o complejas.

El pilotaje manual permite al docente introducir conceptos fundamentales: orientación, desplazamiento, altura, giro, estabilidad, error, trayectoria, cámara y responsabilidad. Estos conceptos serán esenciales en los capítulos posteriores, especialmente en la programación del dron y en el diseño de prácticas didácticas.

El siguiente capítulo abordará la **seguridad**, desarrollando de forma específica las normas de uso en el aula, la protección de personas y materiales, la privacidad, la normativa básica, la gestión de baterías, las condiciones de vuelo y los protocolos de emergencia.



Capítulo 5. Seguridad

5.1. Introducción

La seguridad constituye un elemento central en cualquier actividad educativa con drones. Aunque el DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent son dispositivos de pequeño tamaño y bajo peso, no deben tratarse como juguetes cuando se utilizan en un aula, laboratorio, gimnasio o espacio docente. Son aeronaves no tripuladas en miniatura, con hélices en movimiento, baterías LiPo, comunicación inalámbrica, cámara integrada y sistemas de estabilización que dependen de las condiciones del entorno.

En un contexto educativo, la seguridad no debe entenderse como una limitación de la actividad, sino como una parte esencial del aprendizaje tecnológico. Aprender a usar un dron implica también aprender a preparar el espacio, revisar el equipo, anticipar riesgos, respetar la privacidad, organizar al alumnado y actuar con responsabilidad ante cualquier incidencia.

Este capítulo recoge las normas, recomendaciones y protocolos básicos para utilizar la familia Tello en entornos docentes. Su objetivo es que el profesorado disponga de una referencia clara para planificar sesiones seguras, especialmente cuando trabaje con alumnado sin experiencia previa.

La idea principal puede resumirse así: **ninguna actividad de vuelo debe iniciarse si no se cumplen las condiciones mínimas de seguridad.**

5.2. Objetivos del capítulo

Al finalizar este capítulo, el docente debería ser capaz de:

153. Identificar los principales riesgos asociados al uso educativo del dron.
154. Establecer normas básicas de seguridad antes, durante y después del vuelo.
155. Organizar un espacio de vuelo adecuado en interiores.
156. Revisar el estado físico del dron antes de cada sesión.
157. Gestionar de forma segura baterías, hélices, protectores y motores.
158. Prevenir incidencias relacionadas con interferencias Wi-Fi o pérdida de conexión.
159. Comprender las limitaciones del sistema de posicionamiento visual.
160. Aplicar criterios básicos de privacidad y protección de imagen.
161. Definir roles de seguridad para el alumnado.
162. Actuar ante situaciones de emergencia o fallo del equipo.
163. Registrar incidencias para mejorar el mantenimiento del material.
164. Integrar la seguridad como competencia transversal dentro de la actividad educativa.

5.3. Principio general de seguridad

El principio general para el uso educativo del Tello es el siguiente:

El dron solo debe volar cuando el equipo, el espacio, las personas y la actividad estén preparados.

Este principio implica cuatro condiciones mínimas:

Dimensión	Pregunta clave	Condición mínima
Equipo	¿El dron está en buen estado?	Hélices, protectores, batería, cámara y sensores revisados
Espacio	¿El lugar es adecuado?	Zona despejada, delimitada, iluminada y sin obstáculos
Personas	¿El grupo está organizado?	Alumnado fuera de la zona de vuelo y roles asignados
Actividad	¿Está claro qué se va a hacer?	Objetivo definido, maniobra prevista y aterrizaje preparado

Si una de estas condiciones no se cumple, debe posponerse el vuelo hasta corregir la situación.

5.4. El Tello no debe tratarse como un juguete

Aunque su apariencia pueda resultar amable y su tamaño sea reducido, el Tello incorpora componentes que requieren atención:

- hélices que giran a alta velocidad;
- motores que pueden calentarse;
- batería LiPo recargable;
- cámara integrada;
- comunicación Wi-Fi;
- sensores de posicionamiento;
- firmware y aplicación de control;
- modos automáticos de vuelo.

En consecuencia, debe presentarse al alumnado como **un equipo técnico de aprendizaje**, no como un objeto recreativo. Esta distinción es importante porque modifica la actitud del grupo: se pasa de “jugar con un dron” a “trabajar con un sistema robótico”.

En las primeras sesiones se recomienda explicar esta idea de forma explícita:

“Este dron es pequeño, pero no es un juguete. Lo vamos a utilizar como herramienta de aprendizaje. Por eso seguimos normas de seguridad, igual que en un laboratorio.”

5.5. Responsabilidades del docente

El docente es responsable de organizar la actividad, preparar el entorno y supervisar el uso del dron. Aunque el alumnado participe de forma activa, la decisión de despegar, continuar, aterrizar o suspender la práctica corresponde siempre al profesor o profesora responsable.

Responsabilidades principales

Fase	Responsabilidad docente
Antes de la sesión	Revisar material, baterías, espacio y aplicación
Inicio de la sesión	Explicar normas, roles y objetivo de la actividad
Antes del despegue	Autorizar o denegar el vuelo
Durante el vuelo	Supervisar distancia, estabilidad, comportamiento y batería
Ante una incidencia	Ordenar aterrizaje o detener la actividad
Después del vuelo	Revisar equipo, registrar incidencias y guardar material

En ningún caso debe delegarse completamente el control de seguridad en el alumnado, especialmente en grupos noveles.

5.6. Responsabilidades del alumnado

El alumnado debe participar en la seguridad de forma activa. Esta participación no solo reduce riesgos, sino que educa en responsabilidad tecnológica.

Normas básicas para estudiantes

165. No entrar en la zona de vuelo sin autorización.
166. No tocar el dron cuando esté encendido.
167. No acercar manos, cara, pelo o ropa a las hélices.
168. No intentar coger el dron en el aire.
169. No manipular baterías dañadas.
170. No empujar, lanzar ni mover el dron bruscamente.
171. No cambiar hélices sin permiso.
172. No grabar a compañeros sin autorización.
173. No distraer al piloto.
174. Avisar inmediatamente si se observa una incidencia.

Estas normas deben recordarse antes de cada práctica, no solo en la primera sesión.

5.7. Evaluación inicial de riesgos

Antes de introducir drones en una actividad docente, conviene realizar una evaluación básica de riesgos. No se trata de elaborar un documento complejo, sino de identificar qué puede salir mal y cómo prevenirlo.

Matriz básica de riesgos

Riesgo	Causa probable	Consecuencia	Medida preventiva
Contacto con hélices	Alumno invade zona de vuelo	Corte o golpe leve	Delimitar zona y usar protectores
Colisión con objeto	Espacio reducido o maniobra brusca	Daño en dron u objeto	Retirar obstáculos y volar despacio
Caída del dron	Batería baja o pérdida de estabilidad	Rotura de hélices o estructura	Revisar batería y entorno
Pérdida de conexión	Interferencia Wi-Fi	Falta de control temporal	Probar conexión antes del vuelo
Deriva inesperada	Suelo reflectante o mala iluminación	Salida de zona de vuelo	Usar suelo con textura y buena luz
Grabación indebida	Uso no planificado de cámara	Problema de privacidad	Establecer normas de imagen
Batería dañada	Golpe, hinchazón o mal almacenamiento	Riesgo eléctrico o térmico	Retirar batería y registrar incidencia
Exceso de entusiasmo	Grupo sin roles claros	Desorden y riesgo de invasión	Asignar roles y turnos

Esta tabla puede adaptarse a cada centro educativo y conservarse como documento de prevención.

5.8. Preparación del espacio de vuelo

El espacio de vuelo debe estar delimitado, despejado y supervisado. En educación, el mejor espacio no es necesariamente el más grande, sino aquel que permite controlar el entorno.

Requisitos recomendados

Elemento	Recomendación
Superficie	Plana, seca y no reflectante
Iluminación	Suficiente y estable

Elemento	Recomendación
Obstáculos	Retirados de la zona de vuelo
Personas	Fuera del perímetro delimitado
Techo	Altura suficiente para evitar colisión
Corrientes de aire	Evitar ventanas abiertas, ventiladores o puertas con corriente
Wi-Fi	Comprobar interferencias y conexión estable
Señalización	Marcas visibles en el suelo
Zona de despegue	Punto fijo y fácilmente identificable
Zona de seguridad	Área exterior para observadores

En una primera sesión se recomienda una zona mínima aproximada de 3×3 metros para un solo dron. Para varios drones, vuelos programados o actividades con desplazamientos amplios, debe ampliarse el espacio o trabajar por turnos.

5.9. Vuelo en interiores

El Tello está especialmente indicado para vuelos interiores controlados, ya que no depende de GPS para estabilizarse, sino de su sistema de posicionamiento visual. No obstante, este sistema necesita condiciones adecuadas.

Condiciones interiores recomendadas

- Buena iluminación.
- Suelo con patrones o textura.
- Ausencia de superficies reflectantes.
- Espacio libre de cables, mochilas y mobiliario móvil.
- Ventanas cerradas si generan corrientes.
- Puertas controladas para evitar entradas inesperadas.
- Alumnado sentado o situado fuera de la zona delimitada.
- Docente con acceso visual directo al dron.

Espacios adecuados

Espacio	Valoración
Aula despejada	Adecuada para demostraciones y vuelos breves
Aula de tecnología	Muy adecuada si se delimita el área
Gimnasio	Adecuado para prácticas amplias
Sala polivalente	Adecuada si está despejada
Pasillo	Solo si no hay tránsito y está controlado

Espacio	Valoración
Patio exterior	No recomendado para iniciación salvo ausencia total de viento
Aula con muchos obstáculos	No recomendable
Laboratorio con material frágil	Solo con zona muy controlada

En interiores, el modo estándar ha de ser el modo habitual. El modo rápido y las maniobras automáticas llamativas deben reservarse para usuarios con experiencia y espacios amplios.

5.10. Vuelo en exteriores controlados

Aunque el Tello puede utilizarse en exteriores en determinadas condiciones, para un centro educativo debe considerarse una opción más exigente que el vuelo interior. Su bajo peso lo hace sensible al viento y a corrientes de aire aparentemente leves.

Solo se recomienda vuelo exterior si se cumplen simultáneamente estas condiciones:

- no hay viento apreciable;
- no hay lluvia, niebla, humedad intensa ni polvo;
- el espacio está completamente despejado;
- no hay personas ajenas a la actividad;
- se mantiene línea visual directa;
- no se vuela cerca de árboles, cables, agua, carreteras, edificios o animales;
- se comprueba previamente la normativa local aplicable;
- el docente ya ha realizado pruebas previas en interior;
- existe un plan claro de aterrizaje.

En la primera versión de este manual se recomienda priorizar el uso interior, por ser más controlable y más coherente con la finalidad educativa inicial.

5.11. Sistema de posicionamiento visual y condiciones del suelo

El sistema de posicionamiento visual ayuda al dron a mantenerse estable. Sin embargo, no funciona igual en cualquier superficie.

Superficies recomendables

- Suelos con textura.
- Alfombrillas con patrón.
- Cartulinas con cuadrícula.
- Tapetes de robótica.
- Superficies mates.
- Marcas visibles en el suelo.

Superficies problemáticas

- Suelos completamente blancos o negros.
- Superficies brillantes.
- Cristales.
- Agua.
- Espejos.
- Superficies transparentes.
- Suelos muy reflectantes.
- Superficies sin textura.
- Patrones repetitivos que puedan confundir al sensor.

Cuando el sistema visual no puede trabajar correctamente, el dron puede derivar, perder estabilidad o entrar en un modo de vuelo menos preciso. Si se observa deriva inesperada, debe aterrizar y revisar el entorno.

5.12. Seguridad frente a hélices y motores

Las hélices son el principal riesgo físico inmediato. Aunque son pequeñas, giran a gran velocidad y pueden causar cortes o golpes. Los motores, además, pueden calentarse tras el vuelo.

Normas esenciales

175. Mantenerse alejado de hélices y motores en funcionamiento.
176. No tocar el dron mientras esté encendido.
177. No coger el dron durante el vuelo.
178. Apagar el dron antes de manipular hélices.
179. Usar protectores de hélices en interiores.
180. Sustituir hélices dañadas.
181. No utilizar hélices agrietadas, deformadas o envejecidas.
182. No modificar motores ni hélices.
183. Revisar que los motores giran libremente.
184. Dejar enfriar motores si se han usado de forma intensiva.

Revisión de hélices

Comprobación	Acción
Hélice rota	Sustituir
Hélice doblada	Sustituir
Hélice con fisura	Sustituir
Hélice mal montada	Reinstalar correctamente
Hélice roza con protector	Ajustar protector o revisar deformación
Motor bloqueado	No volar hasta resolver

Un dron con hélices en mal estado no debe utilizarse en clase.

5.13. Protectores de hélices

Los protectores de hélices son especialmente importantes en entornos educativos. No eliminan todos los riesgos, pero reducen el contacto directo con las hélices y protegen parcialmente el dron en pequeñas colisiones.

Recomendación general

En actividades docentes iniciales, los protectores de hélices deben utilizarse siempre.

Solo podría valorarse retirarlos en circunstancias muy controladas y con una razón técnica concreta, pero no en sesiones ordinarias con alumnado principiante.

Comprobación previa

Antes de despegar debe revisarse que:

- cada protector está bien colocado;
 - no se mueve con facilidad;
 - no roza con la hélice;
 - no está partido;
 - no deforma el brazo del dron;
 - no impide el giro libre del motor.
-

5.14. Seguridad de baterías

Las baterías LiPo ofrecen una buena relación entre peso y energía, pero deben manipularse correctamente. En centros educativos, donde el material se comparte y se usa repetidamente, la gestión de baterías debe ser especialmente cuidadosa.

Normas de uso

185. Utilizar únicamente baterías compatibles y en buen estado.
186. No usar baterías hinchadas, perforadas, deformadas o mojadas.
187. No cargar baterías dañadas.
188. No dejar baterías cargando sin supervisión prolongada.
189. No cargar cerca de materiales inflamables.
190. No cargar inmediatamente después de un vuelo si la batería está caliente.
191. No almacenar baterías completamente descargadas durante largos periodos.
192. No exponerlas a calor intenso.
193. No transportarlas sueltas junto a objetos metálicos.
194. Retirar del uso cualquier batería con comportamiento anómalo.

Gestión docente de baterías

Se recomienda etiquetar las baterías y registrar su uso. Una tabla sencilla puede evitar confusiones.

Código batería	Dron asociado	Estado antes de clase	Estado después de clase	Observaciones
B1	Tello 01	Cargada	Usada	Sin incidencias
B2	Tello 01	Cargada	Usada	Menor duración
B3	Tello 02	Pendiente	No usada	Cargar
B4	Tello 02	Retirada	Retirada	Revisar hinchazón

Si una batería dura mucho menos de lo habitual, se calienta excesivamente o muestra deformación, debe retirarse y registrarse.

5.15. Seguridad durante la carga

La carga de baterías debe realizarse fuera de la improvisación de la clase. Lo ideal es que las baterías estén preparadas antes de la sesión.

Procedimiento seguro

195. Comprobar que el dron está apagado.
196. Usar cable y adaptador adecuados.
197. Conectar sin forzar el puerto Micro USB.
198. Colocar el equipo sobre superficie estable.
199. Evitar alfombras, papeles o materiales inflamables.
200. Observar el indicador de carga.
201. Desconectar cuando la carga haya finalizado.
202. No dejar baterías cargando en zonas de paso.
203. Revisar el cable periódicamente.
204. No usar cargadores dañados.

En un aula, conviene centralizar la carga en una zona controlada por el docente, no en las mesas del alumnado.

5.16. Seguridad de la conexión Wi-Fi

El control del Tello depende de una conexión Wi-Fi entre el dron y el dispositivo de control. Si la conexión es débil o sufre interferencias, puede aparecer retraso en la imagen, pérdida de control o respuesta irregular.

Factores que pueden afectar

- Redes Wi-Fi del centro.
- Teléfonos móviles del alumnado.
- Routers cercanos.
- Dispositivos Bluetooth.
- Ordenadores conectados.
- Distancia excesiva entre dron y móvil.
- Obstáculos entre dron y dispositivo.
- Varios drones funcionando al mismo tiempo.

Recomendaciones

205. Probar la conexión antes del vuelo.
206. Etiquetar cada dron con su nombre de red.
207. Evitar que varios grupos se conecten al dron equivocado.
208. Mantener el dispositivo de control cerca.
209. Reducir dispositivos inalámbricos innecesarios.
210. No iniciar vuelos simultáneos sin planificación.
211. Si la imagen se congela o hay retraso, aterrizar.
212. En prácticas avanzadas con varios drones, valorar un router dedicado.

Una buena práctica consiste en realizar una “prueba de conexión” antes de permitir el despegue: la cámara debe verse correctamente y la aplicación no debe mostrar advertencias críticas.

5.17. Seguridad en modos de vuelo

El Tello puede disponer de modos automáticos o funciones inteligentes que resultan motivadoras, como despegue automático, aterrizaje automático, Bounce Mode, 8D Flips o EZ Shots. Sin embargo, no todas son igual de adecuadas para un aula.

Clasificación recomendada

Función	Uso en aula inicial	Observaciones
Despegue automático	Recomendado	Método preferente para comenzar
Aterrizaje automático	Recomendado	Método preferente para finalizar
Vuelo manual estándar	Recomendado	Adecuado para iniciación
Modo rápido	No recomendado al inicio	Requiere experiencia y espacio
Bounce Mode	Uso demostrativo	Requiere espacio y supervisión

Función	Uso en aula inicial	Observaciones
8D Flips	No recomendado al inicio	Maniobra rápida y acrobática
EZ Shots	Uso avanzado	Requiere espacio y control de privacidad

El criterio educativo debe ser siempre: si una función aumenta el riesgo sin aportar un aprendizaje claro, debe posponerse.

5.18. Batería baja y aterrizaje seguro

El aviso de batería baja debe tratarse como una instrucción de finalización, no como una sugerencia. En cuanto aparezca un aviso de batería baja, debe aterrizar el dron de forma ordenada.

Procedimiento ante batería baja

213. Detener la actividad.
214. Alejar el dron de personas u obstáculos.
215. Situarlo sobre una zona despejada.
216. Pulsar aterrizaje automático.
217. Esperar a que se detengan las hélices.
218. Apagar el dron.
219. Retirar o marcar la batería como usada.
220. Registrar si la descarga ha sido anormalmente rápida.

No se debe “apurar” la batería para terminar una maniobra o repetir una toma de vídeo.

5.19. Protocolos de emergencia

Antes de iniciar cualquier sesión, el docente debe explicar qué se hará si algo no funciona correctamente. Esta explicación reduce la improvisación y aumenta la tranquilidad del grupo.

Situaciones y respuesta recomendada

Situación	Respuesta inmediata
Alumno entra en zona de vuelo	Aterrizar y detener la actividad
Dron se acerca a una persona	Aterrizar inmediatamente
Dron deriva sin control claro	Aterrizar o detener movimiento
Pérdida de imagen	Aterrizar si mantiene control
Pérdida de conexión	Mantener zona despejada y esperar comportamiento de seguridad
Aviso de batería baja	Aterrizar sin continuar

Situación	Respuesta inmediata
Golpe o caída	Apagar, revisar y registrar
Hélice dañada	Sustituir antes de nuevo vuelo
Batería hinchada o caliente	Retirar del uso
Comportamiento extraño tras impacto	No volar hasta revisar

Norma verbal de emergencia

Puede utilizarse una instrucción común para todo el grupo:

“Alto vuelo”

Cuando el docente pronuncia esta orden, el piloto debe detener la actividad y preparar el aterrizaje. El alumnado debe permanecer fuera de la zona de vuelo y guardar silencio para facilitar la intervención.

5.20. Botón de parada y comando de emergencia

La aplicación y los entornos de programación pueden incluir opciones para detener el vuelo, aterrizar o, en casos extremos, parar motores. Es importante distinguir entre acciones de seguridad ordinarias y acciones de emergencia extrema.

Acción	Uso recomendado
Aterrizaje automático	Finalización normal o incidencia leve
Stop / detener movimiento	Pausa o corrección durante funciones automáticas
Emergency / parada de motores	Solo en emergencia grave, con riesgo inmediato

La parada inmediata de motores puede provocar caída del dron. Por tanto, no debe utilizarse como método normal de aterrizaje, sino únicamente cuando sea necesario evitar un daño mayor.

5.21. Seguridad después de una colisión

Las colisiones son frecuentes durante el aprendizaje. Lo importante es no normalizarlas ni continuar volando sin revisión.

Protocolo tras un golpe

221. Detener el vuelo.
222. Esperar a que las hélices estén paradas.
223. Apagar el dron.
224. Revisar hélices.
225. Revisar protectores.

226. Revisar motores.
227. Comprobar batería.
228. Revisar cámara y sensores inferiores.
229. Verificar que no hay piezas sueltas.
230. Registrar la incidencia.
231. Decidir si el dron puede volver a usarse.

Si existe cualquier duda sobre el estado del equipo, debe retirarse temporalmente.

5.22. Privacidad y uso de la cámara

El Tello incorpora cámara, por lo que su uso en el aula debe cumplir criterios de privacidad, respeto a la imagen y protección de datos. Aunque la finalidad sea educativa, no se debe grabar o fotografiar a personas sin autorización.

Recomendaciones básicas

232. Informar al alumnado de cuándo se va a utilizar la cámara.
233. Grabar preferentemente objetos, marcas, recorridos o zonas de práctica.
234. Evitar captar rostros.
235. No difundir imágenes sin autorización.
236. No grabar a personas ajenas a la actividad.
237. No utilizar el dron para vigilancia.
238. No grabar espacios privados o sensibles.
239. Revisar los vídeos antes de compartirlos.
240. Borrar capturas innecesarias.
241. Cumplir las normas del centro educativo.

Usos adecuados de la cámara

- Documentar una trayectoria.
- Analizar estabilidad.
- Capturar una marca en el suelo.
- Comparar dos vuelos.
- Registrar una práctica para memoria interna.
- Introducir visión artificial con imágenes controladas.

Usos no adecuados

- Seguir a personas.
- Grabar rostros sin permiso.
- Captar conversaciones.
- Entrar visualmente en espacios no autorizados.
- Publicar vídeos de alumnado sin consentimiento.
- Realizar vigilancia de grupos o individuos.

La privacidad debe tratarse como parte de la competencia digital.

5.23. Cumplimiento normativo

El uso de drones está sujeto a normativa que puede variar según país, entorno, tipo de operación y finalidad. En este manual, orientado a uso educativo con microdrones en entornos controlados, se recomienda adoptar siempre un criterio prudente.

Reglas generales

- Consultar la normativa vigente antes de volar fuera de interiores controlados.
- No volar cerca de aeropuertos, helipuertos o zonas restringidas.
- No volar sobre concentraciones de personas.
- No interferir con aeronaves tripuladas.
- Mantener siempre línea visual.
- No transportar cargas peligrosas.
- No realizar usos comerciales o de vigilancia sin autorización.
- Respetar límites de altura aplicables.
- Cumplir las normas internas del centro.
- Documentar el uso educativo previsto.

En espacios interiores cerrados del propio centro, el riesgo aeronáutico suele ser menor, pero no desaparecen las obligaciones de seguridad, privacidad y responsabilidad docente.

5.24. Roles de seguridad en el aula

Una forma eficaz de mejorar la seguridad es asignar roles. Esto evita que varios alumnos actúen a la vez sin coordinación.

Rol	Función
Piloto	Maneja el dispositivo de control
Copiloto	Lee la secuencia o instrucciones
Observador de seguridad	Vigila que nadie entre en la zona de vuelo
Responsable de batería	Comprueba carga y uso
Responsable de material	Revisa hélices, protectores y accesorios
Responsable de registro	Anota incidencias y resultados
Supervisor docente	Autoriza despegue, continuidad y aterrizaje

En grupos numerosos, el rol de observador de seguridad es especialmente importante. Debe situarse fuera de la zona de vuelo y avisar si alguien se aproxima.

5.25. Normas visibles en el aula

Se recomienda colocar un cartel sencillo junto al espacio de vuelo. Las normas deben ser breves y comprensibles.

Cartel recomendado

Normas básicas de vuelo con drones educativos

- 242. No entrar en la zona de vuelo.
- 243. No tocar el dron encendido.
- 244. No acercarse a las hélices.
- 245. No distraer al piloto.
- 246. Volar siempre con permiso del docente.
- 247. Aterrizar si hay aviso de batería baja.
- 248. Respetar la privacidad.
- 249. Registrar cualquier golpe o incidencia.
- 250. La seguridad está por encima del reto.
- 251. Si hay duda, no se despegue.

Este cartel puede imprimirse, plastificarse y utilizarse en todas las sesiones.

5.26. Checklist de seguridad antes del vuelo

La siguiente lista puede utilizarse como control rápido antes de cada despegue.

Comprobación	Sí/No
El dron está visualmente en buen estado	☐
La batería está cargada y bien colocada	☐
Las hélices están completas y sin daños	☐
Los protectores están instalados	☐
Los motores giran libremente	☐
La cámara está limpia	☐
Los sensores inferiores están limpios	☐
El espacio está despejado	☐
La zona de vuelo está delimitada	☐
El alumnado está fuera del perímetro	☐
La iluminación es suficiente	☐
No hay viento ni corrientes fuertes	☐
La conexión Wi-Fi es estable	☐
La aplicación muestra la cámara en vivo	☐

Comprobación	Sí/No
El modo de vuelo es adecuado	☐
El piloto conoce la maniobra	☐
El aterrizaje está previsto	☐
El docente autoriza el despegue	☐

Si alguna casilla relevante no puede marcarse, no debe despegarse.

5.27. Checklist durante el vuelo

Comprobación	Sí/No
El dron permanece dentro de la zona de vuelo	☐
El piloto mantiene la atención	☐
El docente mantiene línea visual	☐
El alumnado respeta la distancia	☐
No hay aviso de batería baja	☐
No hay pérdida de conexión	☐
No hay deriva excesiva	☐
No hay obstáculos próximos	☐
La maniobra sigue el plan previsto	☐
Se puede aterrizar en cualquier momento	☐

Durante el vuelo, el docente debe priorizar la observación general del entorno, no solo la pantalla del dispositivo.

5.28. Checklist después del vuelo

Comprobación	Sí/No
El dron ha aterrizado correctamente	☐
Las hélices están detenidas	☐
El dron está apagado	☐
La batería se ha marcado como usada	☐
Las hélices se han revisado	☐
Los protectores se han revisado	☐
Los motores no presentan obstrucciones	☐
La cámara y sensores están limpios	☐
Se han revisado golpes o roces	☐
Se han anotado incidencias	☐

Comprobación Sí/No

El material se ha guardado correctamente ☐

Las baterías quedan en zona segura ☐

Esta revisión posterior evita que un problema de una sesión se traslade a la siguiente.

5.29. Registro de incidencias

Todo centro que utilice drones educativos debería disponer de una hoja o fichero de incidencias. No es necesario que sea complejo; basta con que permita detectar patrones.

Fecha	Dron	Batería	Incidencia	Acción realizada	Responsable
			Golpe contra pared	Revisión de hélices	
			Batería dura poco	Retirada para revisión	
			Pérdida Wi-Fi	Cambio de zona de vuelo	
			Protector roto	Sustituido	
			Deriva excesiva	Limpieza sensores	

Este registro permite decidir cuándo sustituir hélices, retirar baterías o revisar un dron antes de que falle durante una actividad.

5.30. Seguridad en actividades programadas

Cuando el dron se programa, el riesgo cambia. Ya no depende solo de las manos del piloto, sino de las instrucciones introducidas. Un error de código puede provocar que el dron avance demasiado, gire en dirección incorrecta o no aterrice donde se esperaba.

Recomendaciones

252. Revisar el código antes de ejecutarlo.
253. Utilizar distancias cortas en las primeras pruebas.
254. Incluir siempre una instrucción de aterrizaje.
255. Probar primero con una sola maniobra.
256. No ejecutar programas largos sin haber probado cada tramo.
257. Mantener al alumnado fuera de la zona de vuelo.
258. Tener preparada una orden de parada o aterrizaje.
259. Evitar velocidades altas.
260. Usar marcas amplias en el suelo.
261. Registrar el resultado y corregir.

Ejemplo de progresión segura

Paso	Acción
1	Despegar y aterrizar
2	Despegar, avanzar 20 cm y aterrizar
3	Despegar, avanzar 50 cm y aterrizar
4	Añadir giro de 90°
5	Combinar dos movimientos
6	Repetir trayectoria completa

El código debe crecer gradualmente. En drones educativos, la depuración también es una actividad de seguridad.

5.31. Seguridad con Mission Pads

Los Mission Pads permiten trabajar navegación y coordenadas, pero requieren condiciones adecuadas para ser detectados correctamente.

Recomendaciones

- Colocarlos sobre superficies planas.
- Evitar fondos totalmente blancos o negros.
- Mantener buena iluminación.
- Comprobar que el dron reconoce el marcador.
- No situarlos cerca de obstáculos.
- No diseñar trayectorias demasiado próximas a personas.
- Probar primero con un solo Mission Pad.
- Mantener alturas adecuadas para detección.
- Aterrizar si el marcador no se reconoce.
- No asumir que el reconocimiento será perfecto.

Si el Mission Pad no se detecta correctamente, el dron puede quedarse en espera, responder con error o no ejecutar la maniobra prevista. Esta posibilidad debe explicarse al alumnado como una limitación normal de los sistemas de visión.

5.32. Seguridad con Tello Talent y módulo de expansión

El RoboMaster Tello Talent añade elementos como matriz LED, sensor ToF, LED RGB y microcontrolador. Estos recursos amplían las posibilidades didácticas, pero también requieren más preparación.

Riesgos específicos

Elemento	Riesgo o precaución
Módulo de expansión	Comprobar que está bien fijado
Sensor ToF	No utilizarlo como único sistema de seguridad
Matriz LED	Evitar que distraiga del pilotaje
Sensores externos	Revisar peso, conexiones y fijación
Programación avanzada	Probar en distancias cortas
Varios drones	Riesgo de interferencias y colisiones

El sensor ToF puede servir para detectar distancias cercanas, pero no sustituye al criterio del piloto ni a la delimitación física del espacio. Debe tratarse como recurso de aprendizaje, no como garantía de seguridad absoluta.

5.33. Seguridad en actividades con varios drones

Las actividades con varios drones o enjambres deben considerarse avanzadas. No son recomendables para las primeras sesiones ni para grupos sin experiencia.

Condiciones mínimas

- Espacio amplio.
- Drones identificados.
- Baterías cargadas.
- Conexiones probadas.
- Trayectorias separadas.
- Observador por dron.
- Un único responsable de ejecución.
- Procedimiento de aterrizaje coordinado.
- Pruebas previas sin alumnado cerca.
- Registro detallado de incidencias.

Recomendación

Antes de volar varios drones simultáneamente, conviene realizar:

262. Prueba individual de cada dron.
263. Prueba de conexión de cada unidad.
264. Prueba de despegue por turnos.
265. Prueba de trayectorias separadas.
266. Prueba simultánea muy breve.
267. Actividad completa solo si todo lo anterior ha sido correcto.

5.34. Cultura de seguridad en el aula

La seguridad no debe presentarse como una lista de prohibiciones, sino como una cultura de trabajo. En tecnología, actuar con seguridad forma parte de la competencia profesional.

Un grupo trabaja bien con drones cuando:

- prepara antes de actuar;
- revisa el equipo;
- respeta roles;
- comunica incidencias;
- acepta detener una práctica;
- aprende de los errores;
- no oculta golpes o fallos;
- comprende que el objetivo no es “hacerlo espectacular”, sino hacerlo correctamente.

El docente puede reforzar esta cultura valorando positivamente conductas como avisar de una hélice dañada, detener una práctica ante batería baja o registrar un error de programación antes de repetir el vuelo.

5.35. Contrato didáctico de seguridad

Antes de permitir que el alumnado pilote o programe el dron, puede utilizarse un breve contrato didáctico. No tiene por qué ser un documento jurídico; basta con una declaración de compromiso.

Modelo

Compromiso de uso responsable del dron educativo

Me comprometo a:

268. Respetar las normas de seguridad indicadas por el docente.
269. No tocar el dron cuando esté encendido.
270. Mantenerme fuera de la zona de vuelo si no tengo un rol asignado.
271. Avisar si observo cualquier incidencia.
272. No grabar imágenes de personas sin autorización.
273. Utilizar el dron únicamente para la actividad propuesta.
274. Cuidar el material común del aula.
275. Aceptar que la seguridad está por encima de completar el reto.

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Este recurso puede ser especialmente útil en las primeras sesiones o en actividades con grupos numerosos.

5.36. Síntesis de normas esenciales

Para cerrar el capítulo, se propone una síntesis de normas mínimas que deberían respetarse siempre:

276. Revisar el dron antes de despegar.
277. Utilizar protectores de hélices en interiores.
278. Delimitar la zona de vuelo.
279. Mantener al alumnado fuera del perímetro.
280. Volar siempre con línea visual.
281. Evitar viento, superficies reflectantes y mala iluminación.
282. Mantener conexión Wi-Fi estable.
283. Aterrizar ante batería baja.
284. No tocar hélices ni motores en funcionamiento.
285. No utilizar baterías dañadas.
286. No grabar personas sin autorización.
287. No volar si el docente no ha autorizado el despegue.
288. Registrar golpes e incidencias.
289. Priorizar vuelos cortos y controlados.
290. Suspende la actividad ante cualquier duda razonable.

5.37. A modo de cierre

El uso educativo de drones exige equilibrio entre motivación, experimentación y prudencia. El DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent ofrecen una plataforma accesible y segura en comparación con drones de mayor tamaño, pero su uso responsable requiere preparación, normas claras y supervisión continua.

La seguridad no debe percibirse como un obstáculo para la innovación docente. Al contrario, es lo que permite que la innovación sea sostenible, repetible y transferible. Un aula que aprende a volar drones de forma segura aprende también a trabajar como un laboratorio: planifica, verifica, ejecuta, observa, corrige y documenta.

El siguiente capítulo abordará la **resolución de problemas**, recogiendo incidencias frecuentes, posibles causas y soluciones prácticas para docentes que utilizan drones Tello en actividades educativas.



Capítulo 6. Resolución de problemas

6.1. Introducción

La resolución de problemas es una parte natural del trabajo con drones educativos. En una sesión de aula pueden aparecer incidencias relacionadas con la conexión Wi-Fi, la batería, las hélices, la estabilidad, la cámara, los sensores, la aplicación móvil o la programación. La mayoría de estos problemas no indican necesariamente una avería grave, sino una condición que debe ser revisada de forma ordenada.

Este capítulo está pensado para docentes sin experiencia técnica avanzada. Por ello, las incidencias se organizan por síntomas observables: qué se ve, qué puede significar y qué pasos conviene seguir. El objetivo no es convertir al profesorado en servicio técnico, sino ofrecer una guía práctica para actuar con seguridad, evitar improvisaciones y decidir cuándo se puede continuar la actividad y cuándo debe retirarse el equipo.

La norma general debe ser siempre la misma:

si existe duda razonable sobre el estado del dron, no se debe volar.

6.2. Criterio general de actuación

Ante cualquier incidencia, se recomienda seguir una secuencia sencilla:

291. **Detener la actividad.**
292. **Aterrizar el dron, si está en vuelo.**

293. **Esperar a que las hélices se detengan.**
294. **Apagar el dron.**
295. **Revisar visualmente el equipo.**
296. **Identificar el síntoma.**
297. **Aplicar una solución básica.**
298. **Probar de nuevo solo si la causa está clara.**
299. **Registrar la incidencia.**
300. **Retirar el dron si el problema persiste.**

No es recomendable encadenar intentos repetidos sin análisis. En el aula, repetir un vuelo sin comprender la causa de un fallo aumenta el riesgo de daños y reduce el valor didáctico de la práctica.

6.3. Tabla general de diagnóstico rápido

Síntoma observado	Posible área afectada	Primera acción recomendada
El dron no enciende	Batería / alimentación	Comprobar carga y colocación de batería
El móvil no encuentra la red Tello	Conexión Wi-Fi	Reiniciar dron y revisar Wi-Fi del dispositivo
La aplicación no muestra imagen	Wi-Fi / cámara / app	Verificar conexión a la red correcta
El dron no despegue	Batería / hélices / app	Revisar batería, hélices y avisos en pantalla
El dron vibra mucho	Hélices / motores	Aterrizar y revisar hélices
El dron deriva hacia un lado	Estabilidad / sensores / entorno	Revisar suelo, luz y sensores inferiores
El vídeo se corta	Wi-Fi / interferencias	Acercar dispositivo y reducir interferencias
No reconoce Mission Pads	Cámara / luz / altura / programación	Revisar iluminación, altura y activación de detección
El programa devuelve "error"	SDK / comando incorrecto	Revisar sintaxis y rangos del comando
La batería dura muy poco	Batería envejecida o uso intensivo	Registrar y comparar con otras baterías
El dron se calienta	Uso prolongado / motores	Pausar y dejar enfriar
Se ha golpeado	Estructura / hélices / motores	Apagar, revisar y registrar

6.4. Problemas de encendido

6.4.1. El dron no enciende

Posible causa	Solución recomendada
Batería descargada	Cargar completamente la batería
Batería mal colocada	Retirar y volver a insertar correctamente
Botón de encendido no pulsado correctamente	Pulsar de nuevo según el procedimiento habitual
Batería dañada	Probar con otra batería en buen estado
Contactos sucios	Revisar visualmente, sin manipular en exceso
Avería interna	Retirar el dron y consultar soporte técnico

Procedimiento docente

301. Apagar cualquier dispositivo conectado.
302. Retirar la batería.
303. Esperar unos segundos.
304. Insertar la batería de nuevo.
305. Comprobar si queda bien encajada.
306. Pulsar el botón de encendido.
307. Observar el indicador luminoso.
308. Si no hay respuesta, probar otra batería.
309. Si sigue sin encender, retirar el dron del uso.

No se debe forzar la batería ni presionar repetidamente el botón de encendido durante largos periodos.

6.4.2. El dron enciende, pero se apaga enseguida

Posible causa	Solución recomendada
Batería muy baja	Cargar la batería
Batería defectuosa	Probar con otra batería
Mal contacto	Revisar colocación
Golpe previo	Revisar si hay daños visibles
Fallo interno	Retirar temporalmente

Si el dron se apaga de forma inesperada, no debe volarse hasta identificar la causa. Un apagado en vuelo puede provocar caída y daños.

6.5. Problemas de batería

6.5.1. La batería no carga

Posible causa	Solución recomendada
Cable Micro USB dañado	Probar otro cable
Adaptador USB inadecuado	Usar adaptador certificado y con potencia suficiente
Puerto Micro USB sucio o dañado	Revisar visualmente sin forzar
Batería deteriorada	Probar otra batería
Dron encendido durante la carga	Apagar el dron antes de cargar
Temperatura inadecuada	Cargar en entorno templado

La batería debe cargarse con el dron apagado. Si el equipo está encendido, la carga puede no realizarse correctamente.

6.5.2. La batería dura muy poco

Posible causa	Explicación	Acción recomendada
Batería envejecida	Ha perdido capacidad con el uso	Registrar y comparar con otras baterías
Uso de módulo de expansión	Aumenta consumo y peso	Planificar vuelos más cortos
Vuelos agresivos	Mayor consumo energético	Usar movimientos suaves
Modo rápido	Incrementa demanda de potencia	Usar modo estándar
Temperatura baja	Reduce rendimiento	Evitar entornos fríos
Batería mal cargada	Carga incompleta	Cargar de nuevo completamente

Recomendación

Si una batería muestra una duración claramente inferior al resto, debe etiquetarse como “revisar” y utilizarse solo en pruebas cortas hasta decidir si se retira.

6.5.3. La batería se calienta demasiado

Posible causa	Acción inmediata
Uso prolongado	Dejar enfriar antes de volver a usar
Carga inmediata tras vuelo	Esperar a temperatura ambiente
Batería deteriorada	Retirar del uso
Cortocircuito o daño interno	No volver a cargar

Posible causa	Acción inmediata
Exposición a calor externo	Trasladar a lugar seguro

Una batería caliente no debe cargarse inmediatamente. Debe dejarse reposar en una zona segura, seca y ventilada.

6.5.4. La batería está hinchada, deformada o dañada

Acción recomendada: retirada inmediata.

No debe cargarse, usarse ni entregarse al alumnado. Debe almacenarse de forma segura hasta su gestión conforme a las normas de reciclaje del centro.

6.6. Problemas de conexión Wi-Fi

6.6.1. El dispositivo móvil no encuentra la red Tello

Posible causa	Solución recomendada
El dron no está encendido	Encender el dron
El dron aún está iniciándose	Esperar unos segundos
Wi-Fi del móvil desactivado	Activar Wi-Fi
El móvil está conectado a otra red	Seleccionar manualmente Tello-XXXXXX
Interferencias	Alejarse de routers o dispositivos próximos
Fallo temporal del dron	Apagar y encender
Configuración Wi-Fi alterada	Restablecer Wi-Fi del dron si procede

Procedimiento

310. Encender el dron.
311. Esperar a que el indicador luminoso esté activo.
312. Abrir ajustes Wi-Fi del móvil.
313. Buscar la red Tello-XXXXXX.
314. Conectar manualmente.
315. Ignorar el aviso de “sin internet”, si aparece.
316. Abrir la aplicación Tello o Tello EDU.

El aviso de que la red no tiene internet no indica un fallo. La red Wi-Fi se usa para comunicarse con el dron, no para navegar.

6.6.2. El móvil se conecta, pero la aplicación no responde

Posible causa	Solución recomendada
La aplicación se abrió antes de conectar Wi-Fi	Cerrar y abrir de nuevo la app
Permisos no concedidos	Revisar permisos de red/cámara/localización
Conexión incompleta	Desconectar y volver a conectar Wi-Fi
Saturación de red	Reducir dispositivos cercanos
Versión de app incompatible	Actualizar o probar otro dispositivo
Fallo temporal	Reiniciar móvil y dron

6.6.3. La conexión se pierde durante el vuelo

Posible causa	Solución recomendada
Distancia excesiva	Mantener el dron cerca
Interferencias	Cambiar de espacio
Batería baja	Aterrizar
Obstáculos entre móvil y dron	Mantener línea directa
Varias redes próximas	Usar zona menos saturada
Varios drones simultáneos	Volar por turnos o usar router dedicado

Si se pierde la conexión, debe mantenerse despejada la zona de vuelo. No se debe correr hacia el dron ni intentar cogerlo en el aire.

6.6.4. Restablecimiento de la Wi-Fi del Tello

Si el nombre de red o la configuración Wi-Fi se han modificado y no es posible conectar, puede ser necesario restablecer la Wi-Fi del dron.

Procedimiento orientativo

317. Encender el dron.
318. Mantener pulsado el botón de encendido durante unos segundos, según procedimiento del fabricante.
319. Esperar a que los indicadores luminosos cambien.
320. Buscar de nuevo la red Tello-XXXXXX.
321. Conectarse desde el dispositivo móvil.
322. Abrir la aplicación y comprobar imagen.

Este procedimiento debe realizarlo el docente o responsable del laboratorio, no el alumnado.

6.7. Problemas de aplicación móvil

6.7.1. La aplicación no se abre

Posible causa	Solución recomendada
Dispositivo incompatible	Probar otro dispositivo
Sistema operativo antiguo	Actualizar sistema si es posible
App desactualizada	Actualizar aplicación
Falta de espacio	Liberar almacenamiento
Instalación corrupta	Reinstalar aplicación

6.7.2. La aplicación se cierra durante el vuelo

Posible causa	Solución recomendada
Móvil con poca batería	Cargar dispositivo antes de la sesión
Sobrecarga del dispositivo	Cerrar otras aplicaciones
Sistema inestable	Reiniciar móvil
Versión de app con fallo	Actualizar o reinstalar
Avisos o llamadas entrantes	Activar modo no molestar antes del vuelo

Durante el vuelo, el dispositivo de control no debe utilizarse para llamadas, mensajes u otras aplicaciones. El piloto debe mantener la atención en el dron.

6.7.3. Aparecen advertencias en pantalla

Las advertencias de la aplicación deben leerse antes de continuar. No deben cerrarse automáticamente sin entender su significado.

Tipo de advertencia	Acción recomendada
Batería baja	Aterrizar
Error de calibración	Seguir instrucciones de la app
Firmware pendiente	Actualizar antes de una sesión planificada
Condición de vuelo insegura	No despegar
Error de conexión	Revisar Wi-Fi
Error crítico	Aterrizar y retirar temporalmente

6.8. Problemas de firmware

6.8.1. La aplicación solicita actualizar firmware

Actualizar el firmware puede mejorar el funcionamiento, pero no debe realizarse en mitad de una práctica con alumnado si no es imprescindible.

Recomendación

La actualización debe hacerse:

- antes de la sesión;
- con batería suficiente;
- con conexión estable;
- sin alumnado cerca del dron;
- con tiempo para comprobar que todo funciona después;
- siguiendo las instrucciones de la aplicación.

No debe apagarse el dron durante una actualización de firmware.

6.8.2. El dron se comporta de forma extraña tras actualizar

Posible causa	Solución recomendada
Actualización incompleta	Repetir actualización si la app lo indica
Parámetros reiniciados	Revisar configuración
Necesidad de calibración	Calibrar si la app lo solicita
Incompatibilidad temporal	Probar con otro dispositivo
Fallo persistente	Consultar soporte técnico

Tras una actualización, conviene realizar un vuelo de prueba breve antes de volver a trabajar con alumnado.

6.9. Problemas de hélices

6.9.1. El dron no despegua correctamente

Posible causa	Solución recomendada
Hélices mal colocadas	Revisar posición de hélices marcadas y no marcadas
Hélice dañada	Sustituir
Hélice floja	Reinstalar
Hélice roza con protector	Ajustar o sustituir protector
Motor obstruido	Limpiar con cuidado
Batería baja	Cargar o cambiar batería

Las hélices deben instalarse en el motor correcto. Si se colocan en posición equivocada, el dron puede no despegar, volcar o vibrar.

6.9.2. El dron vibra mucho

Posible causa	Solución recomendada
Hélice doblada	Sustituir
Hélice rota	Sustituir
Protector deformado	Revisar o retirar temporalmente para inspección
Motor sucio	Limpiar exteriormente
Golpe reciente	Revisar estructura
Hélices mezcladas incorrectamente	Recolocar

No se debe continuar volando un dron que vibra de forma anormal. La vibración puede afectar a la estabilidad, la cámara y los motores.

6.9.3. Una hélice se sale

Posible causa	Solución recomendada
Montaje incorrecto	Reinstalar correctamente
Hélice desgastada	Sustituir
Eje del motor dañado	Retirar el dron
Golpe previo	Revisar todo el conjunto

Tras una hélice desprendida, el dron debe retirarse hasta revisar hélices, motores y protectores.

6.10. Problemas de motores

6.10.1. Un motor no gira

Posible causa	Solución recomendada
Obstrucción por polvo, pelo o hilo	Apagar y retirar con cuidado
Motor dañado	Retirar el dron
Hélice bloqueada por protector	Ajustar protector
Golpe previo	Revisar estructura
Fallo eléctrico	No volar

No debe intentarse forzar el giro manualmente si se aprecia resistencia. El dron debe estar apagado antes de cualquier revisión.

6.10.2. Los motores se calientan

Un cierto calentamiento tras el vuelo puede ser normal. Sin embargo, un calentamiento excesivo o desigual debe revisarse.

Síntoma	Acción
Todos los motores templados	Dejar reposar antes de guardar
Un motor mucho más caliente	Revisar hélice y fricción
Motor con olor extraño	Retirar el dron
Motor bloqueado	No volver a volar
Calor tras golpes repetidos	Pausar y revisar

6.11. Problemas de estabilidad

6.11.1. El dron deriva hacia un lado

Posible causa	Solución recomendada
Suelo sin textura	Usar alfombrilla o superficie con patrón
Luz insuficiente	Mejorar iluminación
Superficie reflectante	Cambiar zona de vuelo
Corriente de aire	Cerrar ventanas o cambiar de lugar
Sensores inferiores sucios	Limpiar suavemente
Hélice dañada	Revisar y sustituir
Necesidad de calibración	Seguir instrucciones de app

La deriva leve puede ocurrir, pero si es persistente debe aterrizar el dron y revisar el entorno.

6.11.2. El dron sube o baja sin precisión

Posible causa	Solución recomendada
Batería baja	Aterrizar
Corrientes de aire	Cambiar de espacio
Superficie irregular	Despegar desde zona plana
Sensor de altura afectado	Revisar entorno
Movimiento demasiado brusco	Usar controles suaves
Modo rápido	Volver a modo estándar

6.11.3. El dron entra en modo menos estable

Cuando el sistema de posicionamiento visual no puede trabajar correctamente, el dron puede comportarse con menor precisión. En este caso, el docente debe ordenar aterrizaje.

Situaciones problemáticas

- suelo muy brillante;
- suelo blanco uniforme;
- suelo negro uniforme;
- cristal o agua;
- iluminación cambiante;
- vuelo demasiado rápido;
- altura fuera del rango adecuado;
- superficies repetitivas;
- sensores sucios.

Acción recomendada

323. Aterrizar.
324. Cambiar la superficie de vuelo.
325. Mejorar iluminación.
326. Limpiar sensores.
327. Repetir una prueba breve.
328. No continuar si la deriva persiste.

6.12. Problemas de cámara

6.12.1. No aparece imagen en directo

Posible causa	Solución recomendada
No está conectado a Wi-Fi del dron	Conectar a Tello-XXXXXX
App bloqueada	Cerrar y abrir aplicación
Permisos no concedidos	Revisar permisos
Dron no iniciado correctamente	Reiniciar dron
Interferencia Wi-Fi	Cambiar de zona
Cámara dañada	Retirar si persiste

6.12.2. La imagen aparece con retraso

Posible causa	Solución recomendada
Señal Wi-Fi débil	Acercar dispositivo
Redes saturadas	Reducir interferencias
Dispositivo móvil lento	Cerrar otras apps

Posible causa	Solución recomendada
Vídeo activo durante vuelo exigente	Reducir actividad
Varios drones cercanos	Volar por turnos

El retraso en imagen puede ser peligroso si el piloto depende demasiado de la pantalla. En aula, se debe pilotar manteniendo siempre visión directa del dron.

6.12.3. Las fotos o vídeos no se guardan correctamente

Posible causa	Solución recomendada
Dron apagado antes de finalizar grabación	Detener grabación antes de apagar
Falta de espacio en móvil	Liberar almacenamiento
Fallo de app	Reiniciar aplicación
Conexión interrumpida	Repetir con conexión estable
Permisos de almacenamiento	Revisar permisos

Antes de una actividad importante, conviene realizar una fotografía o vídeo de prueba.

6.13. Problemas de sensores

6.13.1. Los sensores inferiores no estabilizan bien

Posible causa	Solución recomendada
Sensores sucios	Limpiar con paño suave
Suelo inadecuado	Usar superficie con textura
Luz insuficiente	Mejorar iluminación
Altura inadecuada	Mantener altura moderada
Vuelo demasiado rápido	Reducir velocidad
Golpe previo	Revisar dron

No se deben manipular ni presionar los sensores. La limpieza debe ser suave y superficial.

6.13.2. El sensor ToF del Tello Talent no responde como se espera

Posible causa	Solución recomendada
Objeto fuera de alcance	Acercar obstáculo dentro del rango útil
Superficie poco reflectante	Probar con panel claro y plano
Ángulo incorrecto	Orientar el dron hacia el objeto
Programa no lee el sensor	Revisar código

Posible causa	Solución recomendada
Módulo mal instalado	Comprobar fijación
Lecturas inestables	Promediar varias lecturas o aumentar margen

El sensor ToF debe utilizarse como recurso didáctico, no como sistema único de seguridad. Siempre debe existir supervisión humana.

6.14. Problemas con Mission Pads

6.14.1. El dron no reconoce el Mission Pad

Posible causa	Solución recomendada
Detección no activada	Activar detección con el comando o app correspondiente
Altura incorrecta	Ajustar altura dentro del rango útil
Poca luz	Mejorar iluminación
Exceso de luz o reflejos	Cambiar ubicación
Pad sobre fondo blanco o negro uniforme	Colocar sobre superficie adecuada
Pad doblado o sucio	Aplanar o limpiar
Cámara no orientada	Revisar detección inferior/frontal
Comando incorrecto	Revisar sintaxis

Recomendación docente

Para primeras prácticas, usar un solo Mission Pad, colocado en una superficie plana, con iluminación estable y sin obstáculos alrededor.

6.14.2. El comando con Mission Pad devuelve error

Posible causa	Solución recomendada
Mission Pad no detectado	Confirmar detección antes del comando
ID incorrecto	Revisar número del marcador
Coordenadas fuera de rango	Revisar valores del comando
Velocidad no válida	Ajustar velocidad permitida
Detección frontal/inferior mal configurada	Revisar <code>mdirection</code> o configuración
Comando enviado demasiado pronto	Esperar a que el dron estabilice

El error no debe considerarse fracaso, sino información de depuración. Es útil pedir al alumnado que documente qué comando se envió y qué respuesta se recibió.

6.15. Problemas de programación por bloques

6.15.1. El programa no se ejecuta

Posible causa	Solución recomendada
Dron no conectado	Revisar Wi-Fi
App en modo incorrecto	Cambiar a modo programación
Bloques no descargados al dron	Enviar programa correctamente
Batería baja	Cargar o cambiar batería
Orden inicial ausente	Incluir despegue si procede
Secuencia incompleta	Revisar inicio y final

6.15.2. El dron hace algo distinto a lo esperado

Posible causa	Solución recomendada
Orientación inicial incorrecta	Colocar cámara en dirección prevista
Distancias demasiado grandes	Reducir valores
Giro en sentido contrario	Revisar sentido horario/antihorario
Falta de pausas	Añadir esperas entre acciones
Condición mal planteada	Revisar lógica
Bucle excesivo	Limitar repeticiones
Entorno físico distinto	Ajustar a la realidad del aula

Recomendación

Antes de ejecutar un programa completo, probar cada parte por separado:

- 329. Despegue.
- 330. Movimiento corto.
- 331. Giro.
- 332. Aterrizaje.
- 333. Secuencia completa.

6.16. Problemas con SDK y Python

6.16.1. El dron no responde a comandos SDK

Posible causa	Solución recomendada
No está conectado a la Wi-Fi del dron	Conectar a Tello-XXXXXX
No se ha enviado command	Enviar comando de entrada al modo SDK
IP o puerto incorrecto	Revisar configuración UDP
Firewall del ordenador	Permitir comunicación

Posible causa	Solución recomendada
Comando mal escrito	Revisar sintaxis
Dron ocupado	Esperar respuesta antes del siguiente comando
Batería baja	Aterrizar o cargar

Concepto clave

En el SDK, antes de enviar órdenes como `takeoff`, `land`, `forward` o `battery?`, debe iniciarse el modo de comandos. Si no se hace, el dron no responderá como se espera.

6.16.2. El comando devuelve error

Posible causa	Solución recomendada
Valor fuera de rango	Revisar límites del comando
Comando no permitido en ese estado	Comprobar si el dron está en vuelo o en tierra
Mission Pad no detectado	Revisar detección
Curva imposible	Revisar puntos y radio
Comandos enviados demasiado rápido	Esperar respuesta ok
Batería baja	No continuar

Buenas prácticas

- Enviar un comando cada vez.
- Esperar respuesta antes del siguiente.
- Empezar con distancias pequeñas.
- Registrar comandos y respuestas.
- Añadir control de errores en el código.
- Incluir aterrizaje seguro al final.

6.16.3. El vídeo no aparece en Python/OpenCV

Posible causa	Solución recomendada
No se ha enviado <code>streamon</code>	Activar stream de vídeo
Puerto de vídeo incorrecto	Revisar configuración
Firewall bloquea conexión	Permitir comunicación
Librería mal instalada	Revisar entorno Python
Dron no conectado	Revisar Wi-Fi
Saturación de red	Reducir interferencias

Para actividades universitarias, conviene separar primero control de vuelo y después vídeo. No es recomendable depurar simultáneamente vuelo, cámara y visión artificial en la primera prueba.

6.17. Problemas con Scratch

6.17.1. Scratch no muestra bloques de Tello

Posible causa	Solución recomendada
Extensión no cargada	Importar extensión correctamente
Archivo .s2e no localizado	Revisar carpeta
Node.js no instalado	Instalar Node.js
Script Tello.js no ejecutado	Ejecutar servidor local
Versión incorrecta de Scratch	Usar versión compatible
Ordenador no conectado al dron	Revisar Wi-Fi

6.17.2. Los bloques aparecen, pero el dron no responde

Posible causa	Solución recomendada
Servidor local no activo	Ejecutar node Tello.js
Dron no conectado	Revisar Wi-Fi
Bloques mal encadenados	Revisar secuencia
Falta orden inicial	Añadir inicio adecuado
Batería baja	Cargar
Firewall o antivirus	Permitir comunicación local

6.18. Problemas tras un golpe o caída

6.18.1. El dron ha chocado contra un objeto

Procedimiento obligatorio

334. Aterrizar o detener el vuelo.
335. Esperar a que las hélices se detengan.
336. Apagar el dron.
337. Retirar la batería si procede.
338. Revisar hélices.
339. Revisar protectores.
340. Revisar motores.
341. Revisar cámara.
342. Revisar sensores inferiores.
343. Revisar cuerpo y brazos.

344. Registrar incidencia.
345. Decidir si se retira o puede volver a usarse.

No se debe reiniciar el vuelo inmediatamente después de un golpe.

6.18.2. El dron parece bien, pero vuela peor tras el golpe

Posible causa	Solución recomendada
Hélice ligeramente doblada	Sustituir
Protector deformado	Revisar o sustituir
Motor con fricción	Retirar
Sensor sucio o desplazado	Limpiar y revisar
IMU afectada	Calibrar si la app lo solicita
Daño estructural no visible	Retirar temporalmente

Los daños pequeños pueden tener efectos claros en vuelo. Una hélice ligeramente deformada puede provocar vibraciones, deriva o pérdida de estabilidad.

6.19. Problemas de comportamiento en aula

No todos los problemas son técnicos. Algunos aparecen por organización del grupo.

6.19.1. El alumnado se acerca demasiado

Causa	Solución
No se ha delimitado zona	Marcar perímetro visible
Exceso de curiosidad	Asignar roles y distancia
Falta de normas	Repetir normas antes de cada vuelo
Grupo numeroso	Trabajar por turnos
Actividad demasiado larga	Reducir duración de vuelo

6.19.2. El piloto se distrae

Causa	Solución
Compañeros dan instrucciones a la vez	Nombrar un solo copiloto
Mira más la pantalla que el dron	Recordar línea visual
Quiere grabar y pilotar simultáneamente	Separar roles
Maniobra demasiado compleja	Simplificar
Nervios iniciales	Hacer vuelos cortos

En un aula, el pilotaje debe ser pausado, verbalizado y supervisado.

6.20. Tabla de decisión: continuar, pausar o retirar

Situación	Decisión recomendada
Wi-Fi se ha reconectado y la imagen es estable	Continuar con prueba breve
Batería baja	Pausar y cambiar batería
Hélice con pequeña fisura	Retirar hasta sustituir
Golpe sin daños visibles	Pausar, revisar y hacer prueba corta
Motor bloqueado	Retirar
Batería hinchada	Retirar definitivamente
Deriva persistente	Pausar y revisar entorno
Cámara sin imagen	Pausar, no grabar ni volar avanzado
App con aviso crítico	Retirar o resolver antes de volar
Programa devuelve error	No volar hasta corregir
Mission Pad no se detecta	Pausar y ajustar condiciones
Alumnado no respeta perímetro	Suspender vuelo

6.21. Registro de incidencias técnicas

Se recomienda conservar una tabla de incidencias por dron. Esto permite detectar problemas repetidos y justificar la sustitución de piezas.

Fecha	Dron	Batería	Síntoma	Causa probable	Acción realizada	¿Puede volar?
			No conecta Wi-Fi	Interferencia	Cambio de zona	Sí / No
			Vibra	Hélice dañada	Sustituida	Sí / No
			Dura poco	Batería envejecida	Retirada	Sí / No
			Deriva	Suelo reflectante	Cambio superficie	Sí / No
			Error SDK	Comando incorrecto	Código corregido	Sí / No

6.22. Protocolo de revisión semanal del equipo

Si el centro utiliza drones con frecuencia, conviene realizar una revisión periódica.

Revisión semanal recomendada

Elemento	Revisión
Drones	Estado general, golpes, brazos, cámara
Hélices	Fisuras, deformaciones, repuestos disponibles
Protectores	Encaje, roturas, deformaciones
Motores	Giro libre, ausencia de polvo o pelos
Baterías	Duración, hinchazón, carga, etiquetado
Cables	Estado del Micro USB
Aplicaciones	Funcionamiento y permisos
Firmware	Comprobación de avisos
Mission Pads	Limpieza, planitud, identificación
Caja de transporte	Orden y material completo

6.23. Protocolo de retirada temporal

Un dron debe retirarse temporalmente cuando:

- ha sufrido un golpe fuerte;
- tiene hélices dañadas y no hay repuesto;
- un motor no gira libremente;
- la batería se calienta de forma anormal;
- la cámara o sensores parecen dañados;
- la aplicación muestra errores críticos;
- deriva de forma persistente;
- no responde a controles básicos;
- no mantiene conexión estable;
- existe cualquier duda razonable sobre su seguridad.

Etiqueta recomendada

Equipo retirado temporalmente

Dron: _____

Fecha: _____

Motivo: _____

Responsable: _____

No utilizar hasta nueva revisión.

6.24. Recomendaciones para docentes

Cuando aparece una incidencia en clase, el objetivo no es esconder el fallo, sino convertirlo en aprendizaje. Un dron que no despegue, una conexión que falla o un programa que devuelve error son oportunidades para trabajar diagnóstico, pensamiento crítico y método científico.

El docente puede formular preguntas como:

- ¿Qué síntoma observamos?
- ¿Cuándo apareció?
- ¿Qué cambió respecto al intento anterior?
- ¿Es un problema de hardware, software, entorno o procedimiento?
- ¿Qué hipótesis podemos comprobar sin riesgo?
- ¿Qué dato necesitamos para decidir?
- ¿Podemos continuar o debemos retirar el equipo?

Esta forma de actuar transmite al alumnado una idea fundamental: la tecnología real no siempre funciona a la primera, y resolver problemas forma parte del aprendizaje técnico.

6.25. Síntesis final de resolución de problemas

Ante cualquier problema con el Tello, conviene recordar esta secuencia:

346. Seguridad primero.
347. Aterrizar si está en vuelo.
348. Apagar antes de tocar.
349. Observar el síntoma.
350. Revisar batería, hélices y conexión.
351. Revisar entorno: luz, suelo, viento e interferencias.
352. Leer los avisos de la aplicación.
353. Probar soluciones simples.
354. Registrar la incidencia.
355. Retirar el equipo si el problema persiste.

El buen uso de drones educativos no depende de que nunca aparezcan problemas, sino de que el profesorado y el alumnado sepan responder de forma ordenada y segura.

6.26. A modo de cierre

La resolución de problemas es una competencia técnica y educativa. En el caso de los drones Tello, muchas incidencias pueden resolverse mediante comprobaciones sencillas: batería cargada, hélices correctas, conexión Wi-Fi estable, sensores limpios, buena iluminación, superficie adecuada y código revisado.

Sin embargo, también es importante reconocer los límites de intervención del aula. El profesorado no debe reparar componentes internos ni forzar piezas dañadas. Cuando una incidencia supera la comprobación básica, el equipo debe retirarse y revisarse fuera de la sesión.

El siguiente capítulo abordará la **programación**, presentando la transición desde el pilotaje manual hacia el control mediante bloques, SDK, Python, Mission Pads y actividades progresivas de automatización.



Capítulo 7. Programación

7.1. Introducción

La programación es uno de los principales valores educativos de la familia DJI Tello, especialmente en sus versiones Tello EDU y RoboMaster Tello Talent. Mientras que el pilotaje manual permite comprender el comportamiento básico del dron, la programación permite avanzar hacia el diseño de secuencias, algoritmos, trayectorias, decisiones condicionadas, lectura de sensores y automatización.

En un contexto docente, programar el dron no debe entenderse como un fin en sí mismo, sino como una forma de aprender a pensar de manera ordenada. Cada instrucción enviada al dron tiene una consecuencia observable: despegar, avanzar, girar, detenerse, aterrizar, activar la cámara, leer batería o reconocer un marcador. Esta relación entre código y movimiento convierte al Tello en una herramienta especialmente útil para enseñar pensamiento computacional.

La programación del dron permite trabajar conceptos como:

- algoritmo;
- secuencia de instrucciones;
- bucle;
- condición;
- variable;
- función;
- evento;
- coordenada;
- velocidad;
- altura;
- orientación;
- sensor;
- comunicación inalámbrica;
- depuración;
- control de errores;
- seguridad en sistemas automáticos.

Este capítulo propone una progresión desde los entornos visuales más sencillos hasta el uso del SDK y Python. El objetivo no es agotar todas las posibilidades técnicas, sino ofrecer al profesorado una ruta clara y segura para introducir la programación de drones en el aula.

7.2. Objetivos del capítulo

Al finalizar este capítulo, el docente debería ser capaz de:

356. Comprender las posibilidades básicas de programación del Tello, Tello EDU y Tello Talent.
357. Diferenciar entre programación visual, Scratch, SDK, Python y uso de Mission Pads.
358. Diseñar una progresión didáctica segura desde bloques hasta código textual.
359. Reconocer los comandos básicos de vuelo programado.
360. Preparar una primera actividad de programación por bloques.
361. Comprender la lógica de comunicación del SDK mediante comandos de texto.
362. Utilizar ejemplos sencillos de Python como base para prácticas.
363. Identificar errores frecuentes en programación de drones.
364. Introducir el uso de Mission Pads para navegación por coordenadas.
365. Aplicar criterios de seguridad en vuelos automáticos.
366. Relacionar programación de drones con pensamiento computacional y competencias STEAM.

7.3. Antes de programar: condiciones previas

Antes de comenzar a programar el dron, el alumnado debe haber realizado actividades básicas de puesta en marcha y pilotaje. Programar sin comprender cómo se comporta físicamente el dron puede generar errores difíciles de interpretar.

Requisitos previos recomendados

Requisito	Motivo
Saber encender y apagar el dron	Evita errores de manipulación
Conocer la aplicación básica	Facilita la conexión inicial
Realizar despegue y aterrizaje manual	Permite intervenir si algo falla
Comprender la orientación del dron	Evita trayectorias en sentido incorrecto
Conocer la zona de vuelo	Reduce riesgos durante ejecución automática
Saber aterrizar ante una incidencia	Prioriza la seguridad
Identificar hélices, batería y sensores	Facilita diagnóstico básico
Haber realizado vuelos cortos	Mejora la confianza inicial

La programación no elimina la necesidad de supervisión. Al contrario, un programa mal planteado puede mover el dron de forma inesperada. Por ello, toda actividad programada debe comenzar con distancias cortas, velocidades moderadas y una zona de vuelo despejada.

7.4. Progresión recomendada de aprendizaje

La programación del Tello puede organizarse en cinco niveles progresivos.

Nivel	Enfoque	Herramienta principal	Tipo de actividad
1	Secuencias simples	App Tello EDU / bloques	Despegar, avanzar, aterrizar
2	Programación visual estructurada	Bloques / Scratch	Figuras geométricas, bucles
3	Introducción a código textual	Python básico	Envío de comandos simples
4	SDK y telemetría	Python + SDK 2.0	Lectura de batería, altura, estado
5	Navegación avanzada	Mission Pads / sensores	Coordenadas, marcadores, rutas

Esta progresión evita comenzar directamente con Python o SDK sin haber consolidado primero la lógica de secuencia y seguridad. En educación, avanzar demasiado rápido puede provocar frustración técnica y pérdida de control de la actividad.

7.5. Programación visual por bloques

La programación visual es la forma más recomendable de iniciar al alumnado en el control programado del dron. Permite construir secuencias mediante bloques gráficos sin exigir desde el primer momento una sintaxis textual.

7.5.1. Ventajas didácticas

Ventaja	Explicación
Reduce la carga sintáctica	El alumnado no se bloquea por errores de escritura
Facilita la secuencia	Los bloques muestran el orden de ejecución
Permite experimentar rápidamente	El resultado se observa en el vuelo
Favorece el trabajo en grupo	El código puede discutirse visualmente
Introduce pensamiento computacional	Secuencia, repetición, condición y depuración
Es adecuada para principiantes	Especialmente útil en Secundaria y formación inicial

La programación por bloques es especialmente útil cuando se desea que el alumnado se centre en la lógica del problema: qué debe hacer el dron, en qué orden y con qué parámetros.

7.5.2. Primera secuencia programada

Una primera actividad debe ser extremadamente sencilla.

Actividad 1. Despegue y aterrizaje programados

Objetivo: comprobar que el dron ejecuta una secuencia mínima.

Secuencia conceptual:

- 367. Despegar.
- 368. Esperar unos segundos.
- 369. Aterrizar.

Aprendizaje esperado:

- El alumnado comprende que el dron ejecuta instrucciones en orden.
- Se introduce la idea de programa como lista de acciones.
- Se observa la diferencia entre pilotaje manual y vuelo automático.
- Se refuerza la importancia de incluir siempre una instrucción de aterrizaje.

Recomendación docente

Antes de ejecutar esta primera secuencia, conviene leerla en voz alta con el grupo:

“Primero despega, después espera y finalmente aterriza”

Esta verbalización ayuda a conectar lenguaje natural, algoritmo y acción física.

7.5.3. Segunda secuencia: avance corto

Una vez comprobado el despegue y aterrizaje, puede añadirse un movimiento breve.

Actividad 2. Avanzar y aterrizar

Secuencia:

- 370. Despegar.
- 371. Avanzar una distancia corta.
- 372. Esperar.
- 373. Aterrizar.

Precauciones:

- Usar una distancia reducida.
- Colocar el dron con la cámara apuntando hacia la dirección esperada.
- Marcar el punto de salida.
- Mantener despejada la zona frontal.

- No situar alumnado delante del dron.

Esta actividad permite introducir la relación entre distancia programada y desplazamiento real. El alumnado puede medir si el dron ha avanzado exactamente lo esperado o si existe desviación.

7.5.4. Trayectorias geométricas

Las trayectorias geométricas son muy adecuadas para educación porque conectan programación, matemáticas y movimiento físico.

Ejemplo: vuelo en cuadrado

Secuencia conceptual:

374. Despegar.
375. Avanzar.
376. Girar 90 grados.
377. Avanzar.
378. Girar 90 grados.
379. Avanzar.
380. Girar 90 grados.
381. Avanzar.
382. Girar 90 grados.
383. Aterrizar.

Esta secuencia puede introducirse inicialmente sin bucles. Después, cuando el alumnado observe la repetición, puede proponerse una mejora:

Repetir 4 veces:

- avanzar;
- girar 90 grados.

Este paso es muy importante desde el punto de vista didáctico, porque permite pasar de una lista larga de instrucciones a una estructura de repetición.

7.6. Programación con Scratch

Scratch permite introducir la programación del Tello desde un entorno visual conocido por muchos docentes y estudiantes. En la documentación de trabajo se recoge el procedimiento basado en Scratch 2.0 Offline Editor, Node.js y los archivos de extensión específicos para Tello.

7.6.1. Sentido educativo de Scratch

Scratch es útil porque permite:

- trabajar con bloques visuales;
- introducir eventos;
- organizar secuencias;
- usar bucles y condiciones;
- crear programas comprensibles visualmente;
- conectar el dron con narrativas, retos o proyectos creativos.

Para alumnado principiante, Scratch reduce la dificultad inicial y permite centrarse en la lógica de la tarea.

7.6.2. Preparación básica del entorno Scratch

El proceso general de preparación incluye:

384. Instalar Scratch Offline Editor compatible.
385. Instalar Node.js.
386. Descargar los archivos de extensión para Tello.
387. Ejecutar el archivo servidor correspondiente, por ejemplo `Tello.js`.
388. Importar la extensión experimental en Scratch.
389. Comprobar que aparecen los bloques de Tello.
390. Conectar el ordenador a la red Wi-Fi del dron.
391. Ejecutar una prueba sencilla.

Este proceso debe prepararlo el docente antes de la sesión. No es recomendable intentar configurar Scratch desde cero con todo el grupo esperando, salvo que la propia configuración sea el objetivo de una práctica avanzada.

7.6.3. Problemas habituales en Scratch

Síntoma	Posible causa	Solución
No aparecen los bloques de Tello	Extensión no importada	Revisar archivo de extensión
Scratch no se comunica con el dron	Servidor local no ejecutado	Ejecutar <code>node Tello.js</code>
El dron no responde	Ordenador no conectado a Wi-Fi Tello	Revisar red
Error al iniciar Node.js	Instalación incorrecta	Reinstalar o revisar versión
Los bloques se ejecutan, pero no vuela	Batería baja o secuencia incompleta	Revisar estado del dron
El programa queda bloqueado	Secuencia mal planteada	Simplificar y probar por partes

7.7. Introducción al SDK

El SDK permite controlar el Tello mediante comandos de texto enviados por red. Esta opción es más avanzada que la programación visual, pero ofrece mayor flexibilidad y permite introducir conceptos de comunicación, redes, programación textual y automatización.

7.7.1. Qué es el SDK

SDK significa *Software Development Kit*, es decir, un conjunto de instrucciones y recursos que permiten a un programa externo comunicarse con el dron.

En el caso del Tello, el SDK permite enviar comandos como:

- entrar en modo comando;
- despegar;
- aterrizar;
- avanzar;
- retroceder;
- subir;
- bajar;
- girar;
- consultar batería;
- consultar velocidad;
- activar vídeo;
- recibir estado;
- trabajar con Mission Pads.

Desde el punto de vista educativo, el SDK permite mostrar que el dron puede tratarse como un sistema físico conectado mediante red.

7.7.2. Arquitectura básica de comunicación

La comunicación SDK se realiza mediante Wi-Fi y mensajes UDP. De forma simplificada:

Función	Puerto habitual	Uso
Envío de comandos	8889	Mandar órdenes al dron
Recepción de estado	8890	Recibir telemetría
Recepción de vídeo	11111	Recibir imagen en directo

Antes de enviar cualquier orden de vuelo, debe enviarse el comando:

`command`

Este comando pone al dron en modo SDK. Después se pueden enviar instrucciones como:

takeoff

land

battery?

forward 50

cw 90

7.7.3. Tipos de comandos

Los comandos del SDK pueden organizarse en tres grupos.

Tipo de comando	Finalidad	Ejemplo
Comandos de control	Ordenan una acción	takeoff, land, forward 50
Comandos de configuración	Ajustan un parámetro	speed 40
Comandos de lectura	Consultan información	Battery?, speed?

Esta clasificación es muy útil para el alumnado, porque permite distinguir entre “hacer”, “configurar” y “preguntar”.

7.8. Comandos básicos del SDK

7.8.1. Comandos de inicio y finalización

Comando	Significado	Uso didáctico
command	Entra en modo SDK	Siempre debe enviarse primero
takeoff	Despegue automático	Inicio de misión
land	Aterrizaje automático	Finalización segura
stop	Se mantiene en vuelo estacionario	Pausa o interrupción
emergency	Detiene motores inmediatamente	Solo emergencia grave

Advertencia docente

El comando emergency no debe utilizarse como aterrizaje normal. Detiene motores y puede provocar una caída. Debe reservarse para una situación excepcional en la que sea preferible que el dron caiga antes que continuar el vuelo.

7.8.2. Comandos de movimiento

Comando	Acción	Ejemplo
up x	Sube x centímetros	up 50

Comando	Acción	Ejemplo
down x	Baja x centímetros	down 30
left x	Se desplaza a la izquierda	left 50
right x	Se desplaza a la derecha	right 50
forward x	Avanza	forward 100
back x	Retrocede	back 100
cw x	Gira en sentido horario	cw 90
ccw x	Gira en sentido antihorario	ccw 90

En las primeras prácticas se recomienda usar valores pequeños, por ejemplo, entre 20 y 50 cm, y velocidades moderadas.

7.8.3. Comandos de consulta

Comando	Información devuelta	Uso educativo
battery?	Porcentaje de batería	Gestión de energía
speed?	Velocidad configurada	Control de parámetros
time?	Tiempo de vuelo	Registro experimental
wifi?	Calidad de señal Wi-Fi	Diagnóstico de conexión
sdk?	Versión SDK	Comprobación técnica
sn?	Número de serie	Inventario

Estos comandos son muy útiles para introducir la idea de telemetría: el dron no solo recibe órdenes, también informa de su estado.

7.9. Primera práctica con SDK

Actividad 3. Consulta de batería

Objetivo: comprobar comunicación con el dron sin iniciar vuelo.

Secuencia:

392. Conectar el ordenador a la red Wi-Fi del Tello.
393. Abrir el programa o consola preparada.
394. Enviar command.
395. Esperar respuesta ok.
396. Enviar battery?.
397. Leer el porcentaje devuelto.
398. Registrar el valor.

Valor didáctico

Esta práctica es muy recomendable porque permite comprobar el SDK sin riesgo de vuelo. El alumnado aprende que el primer paso no es despegar, sino verificar que existe comunicación.

Actividad 4. Despegue y aterrizaje mediante SDK

Secuencia:

- 399. Enviar command.
- 400. Enviar takeoff.
- 401. Esperar unos segundos.
- 402. Enviar land.

Precauciones

- Realizar la prueba en zona despejada.
- Tener la aplicación o sistema de control preparado.
- No enviar comandos en ráfaga sin esperar respuesta.
- No continuar si no se recibe respuesta ok.
- Mantener al alumnado fuera de la zona de vuelo.

7.10. Introducción a Python

Python es una de las opciones más utilizadas para controlar Tello mediante SDK. Su sintaxis relativamente clara y su amplia comunidad lo hacen adecuado para Bachillerato avanzado, Formación Profesional y Universidad.

7.10.1. Ventajas de Python

Ventaja	Aplicación en aula
Sintaxis legible	Facilita la transición desde bloques
Bibliotecas disponibles	Permite trabajar con vídeo, sensores y datos
Compatible con SDK	Control directo del dron
Útil en ciencia e ingeniería	Conecta con asignaturas universitarias
Permite automatización	Secuencias, bucles, funciones y control de errores

7.10.2. Estructura de un programa básico

Un programa básico en Python para Tello suele tener esta lógica:

- 403. Importar bibliotecas necesarias.

- 404. Crear conexión UDP.
- 405. Enviar command.
- 406. Comprobar respuesta.
- 407. Enviar comandos de vuelo o lectura.
- 408. Registrar respuestas.
- 409. Finalizar con aterrizaje si se ha despegado.
- 410. Cerrar conexión.

Ejemplo conceptual

Ejemplo conceptual para comprender la lógica.
Debe adaptarse al entorno real y probarse con medidas de seguridad.

```
enviar("command")
esperar_respuesta()
```

```
enviar("battery?")
mostrar_respuesta()
```

```
enviar("takeoff")
esperar_respuesta()
```

```
enviar("forward 50")
esperar_respuesta()
```

```
enviar("Land")
esperar_respuesta()
```

Este ejemplo no pretende ser una librería completa, sino mostrar la estructura lógica de una interacción con el dron.

7.10.3. Buenas prácticas con Python

Buena práctica	Motivo
Probar primero battery?	Verifica comunicación sin vuelo
Esperar respuesta tras cada comando	Evita saturar el dron
Usar distancias pequeñas	Reduce riesgo
Incluir siempre land	Garantiza cierre seguro
Controlar excepciones	Evita programas bloqueados
Registrar comandos enviados	Facilita depuración
No mezclar muchas funciones al inicio	Simplifica diagnóstico
Probar por partes	Permite detectar errores

7.11. Programación segura de vuelos

Programar un dron implica anticipar qué hará antes de que se mueva. A diferencia del pilotaje manual, una secuencia programada puede ejecutarse sin que el piloto intervenga en cada paso. Por ello, la seguridad debe integrarse en el propio diseño del programa.

Reglas básicas

- 411. No iniciar un programa sin revisar la zona de vuelo.
- 412. No usar distancias grandes al principio.
- 413. No usar modo rápido en prácticas iniciales.
- 414. No ejecutar programas largos sin pruebas parciales.
- 415. No programar movimientos hacia personas.
- 416. No depender exclusivamente de sensores.
- 417. Incluir una instrucción de aterrizaje.
- 418. Tener preparado un método de parada.
- 419. Revisar batería antes de ejecutar.
- 420. Registrar errores y respuestas del dron.

7.11.1. De la secuencia larga al programa estructurado

Un error frecuente es escribir una secuencia demasiado larga:

```
takeoff  
forward 100  
cw 90  
forward 100  
cw 90  
forward 100  
cw 90  
forward 100  
cw 90  
land
```

Desde el punto de vista didáctico, esta secuencia puede convertirse en una explicación sobre bucles:

```
takeoff  
repetir 4 veces:  
    forward 100  
    cw 90  
land
```

Este paso permite introducir abstracción: en lugar de escribir muchas instrucciones repetidas, se identifica un patrón.

7.12. Mission Pads

Los Mission Pads son marcadores visuales utilizados con Tello EDU y SDK 2.0. El dron puede reconocerlos mediante su cámara y utilizarlos como referencia para ejecutar comandos asociados a coordenadas.

7.12.1. Qué son los Mission Pads

Los Mission Pads son tarjetas o marcadores con patrones visuales. Cada cara tiene un identificador propio. El dron puede detectar el marcador y usarlo como origen de coordenadas.

Desde el punto de vista educativo, permiten trabajar:

- coordenadas X, Y, Z;
- sistemas de referencia;
- orientación espacial;
- navegación;
- detección visual;
- errores de reconocimiento;
- trayectorias programadas;
- depuración de comandos.

7.12.2. Condiciones de uso

Para que los Mission Pads funcionen correctamente, deben cumplirse varias condiciones:

Condición	Recomendación
Superficie	Plana y estable
Iluminación	Suficiente, ni muy oscura ni excesivamente brillante
Fondo	Evitar superficies totalmente blancas o negras
Altura	Mantener el dron dentro del rango útil de detección
Orientación	Colocar el marcador con dirección clara
Limpieza	Evitar manchas, dobleces o reflejos
Espacio	Mantener obstáculos alejados
Detección	Activarla antes de usar comandos mid

Si el dron no detecta el Mission Pad, algunos comandos devolverán error o el dron permanecerá en espera.

7.13. Comandos básicos para Mission Pads

7.13.1. Activar y desactivar detección

Comando	Función
mon	Activa detección de Mission Pads
moff	Desactiva detección
mdirection 0	Detección con cámara inferior
mdirection 1	Detección con cámara frontal
mdirection 2	Detección con ambas cámaras, si procede

Antes de utilizar comandos con Mission Pads, debe activarse la detección.

7.13.2. Comando go con Mission Pad

El comando go permite indicar al dron que se desplace a unas coordenadas relacionadas con un Mission Pad.

Ejemplo conceptual:

go 100 100 100 60 m1

Interpretación didáctica:

Elemento	Significado
100	Coordenada X
100	Coordenada Y
100	Coordenada Z
60	Velocidad en cm/s
m1	Mission Pad con ID 1

Este tipo de comando permite explicar que el dron ya no se mueve solamente “hacia delante” o “hacia atrás”, sino hacia una posición definida respecto a un sistema de referencia.

7.13.3. Comando curve

El comando curve permite definir un movimiento curvo mediante dos puntos. Es más avanzado y debe reservarse para alumnado que ya comprenda coordenadas y trayectorias.

Ejemplo conceptual:

curve 100 100 100 200 200 100 40 m2

El dron intentaría realizar una curva relacionada con el Mission Pad indicado. Si los puntos no forman una curva válida o el radio no está dentro del rango permitido, puede devolver error.

Recomendación docente

Antes de usar curve, conviene trabajar primero con go, porque resulta más fácil de interpretar y depurar.

7.13.4. Comando jump

El comando jump permite trabajar con dos Mission Pads. Es útil para actividades avanzadas de navegación, pero requiere mayor control de espacio, iluminación y detección.

Ejemplo conceptual:

```
jump 100 100 100 40 90 m1 m2
```

Este comando permite plantear retos de navegación entre marcadores, pero no debe introducirse en una primera sesión con Mission Pads.

7.14. Primera práctica con Mission Pads

Actividad 5. Reconocimiento de un Mission Pad

Objetivo: comprobar que el dron detecta correctamente un marcador.

Secuencia

421. Colocar un Mission Pad en el suelo.
422. Situar el dron sobre o cerca del marcador.
423. Conectar con el dron.
424. Enviar command.
425. Activar detección con mon.
426. Configurar dirección de detección si procede.
427. Despegar.
428. Mantener vuelo estacionario.
429. Leer si el dron detecta el identificador.
430. Aterrizar.

Aprendizaje esperado

El alumnado comprende que el reconocimiento visual depende de condiciones físicas: luz, altura, orientación, superficie y posición.

Actividad 6. Desplazamiento relativo a un Mission Pad

Objetivo: utilizar un marcador como referencia para un movimiento programado.

Secuencia conceptual

- 431. Activar modo SDK.
- 432. Activar detección de Mission Pads.
- 433. Despegar.
- 434. Reconocer Mission Pad.
- 435. Ejecutar un movimiento corto relativo al marcador.
- 436. Aterrizar.

Precaución

Los primeros movimientos deben ser pequeños. No se debe comenzar con coordenadas extremas ni velocidades elevadas.

7.15. Programación con sensores en Tello Talent

El RoboMaster Tello Talent añade posibilidades específicas mediante su módulo de expansión, como matriz LED, LED RGB, microcontrolador y sensor ToF.

7.15.1. Sensor ToF

El sensor ToF permite estimar distancia cercana. Desde el punto de vista de programación, permite introducir condiciones.

Ejemplo conceptual

```
si distancia < 50 cm:  
    detenerse  
si no:  
    avanzar
```

Esta lógica permite pasar de programas secuenciales a programas reactivos. El dron ya no solo ejecuta una lista fija de movimientos, sino que puede responder a lo que detecta.

Actividad 7. Evitación sencilla de obstáculos

Objetivo: hacer que el dron se detenga si detecta un obstáculo cercano.

Secuencia conceptual:

- 437. Despegar.
- 438. Leer distancia.
- 439. Si la distancia es segura, avanzar.
- 440. Si la distancia es pequeña, detenerse.
- 441. Aterrizar.

Precaución

El sensor ToF no debe utilizarse como única garantía de seguridad. Siempre debe existir una zona despejada y supervisión docente.

7.15.2. Matriz LED

La matriz LED 8×8 del Tello Talent permite mostrar patrones, iconos, letras o mensajes.

Usos educativos

- mostrar el número de equipo;
- indicar estado del programa;
- mostrar una flecha antes de moverse;
- enseñar un icono al detectar un obstáculo;
- crear una coreografía luminosa;
- integrar arte y programación.

Ejemplo conceptual

mostrar icono de flecha
despegar
avanzar
mostrar icono de llegada
aterrizar

Esta función permite conectar programación, comunicación visual y creatividad.

7.16. De los bloques a Python: equivalencias didácticas

Para facilitar la transición desde programación visual a código textual, puede utilizarse una tabla de equivalencias.

Idea en bloques	Idea en Python / SDK	Concepto
Despegar	takeoff	Inicio de vuelo
Aterrizar	land	Finalización segura
Avanzar 50 cm	forward 50	Movimiento
Girar 90 grados	cw 90	Orientación
Repetir 4 veces	for i in range(4):	Bucle
Si batería < 30	if battery < 30:	Condición
Esperar 2 segundos	sleep(2)	Temporización
Leer batería	battery?	Telemetría
Activar cámara	streamon	Vídeo
Detener	stop	Control de seguridad

Esta tabla permite que el alumnado vea continuidad entre los lenguajes. No se cambia de idea, solo de forma de expresarla.

7.17. Ejemplo didáctico completo: cuadrado programado

Nivel 1: lenguaje natural

- 442. El dron despegar.
- 443. Avanza.
- 444. Gira 90 grados.
- 445. Repite el avance y giro cuatro veces.
- 446. Aterriza.

Nivel 2: bloques

```
al iniciar
  despegar
  repetir 4 veces
    avanzar 100 cm
    girar derecha 90 grados
  aterrizar
```

Nivel 3: comandos SDK

```
command
takeoff
forward 100
cw 90
forward 100
cw 90
forward 100
cw 90
forward 100
cw 90
land
```

Nivel 4: Python conceptual

```
enviar("command")
enviar("takeoff")

for i in range(4):
    enviar("forward 100")
    enviar("cw 90")
```

```
enviar("Land")
```

Valor didáctico

Este ejemplo muestra la misma idea en cuatro niveles de representación. Es una estrategia muy eficaz para enseñar que programar no consiste solo en escribir código, sino en transformar una intención en instrucciones precisas.

7.18. Errores frecuentes en programación

7.18.1. No incluir aterrizaje

Un programa que despegue debe incluir una forma segura de finalizar.

Corrección: añadir siempre land o una instrucción equivalente al final.

7.18.2. Usar distancias demasiado grandes

Los principiantes tienden a programar movimientos amplios sin considerar el espacio real.

Corrección: comenzar con 20, 30 o 50 cm y aumentar solo si el entorno lo permite.

7.18.3. No esperar respuesta del dron

En SDK, enviar comandos demasiado rápido puede provocar errores.

Corrección: esperar respuesta ok antes de enviar el siguiente comando.

7.18.4. Confundir giro y desplazamiento lateral

Girar no mueve el dron de sitio; solo cambia su orientación.

Corrección: realizar ejercicios previos diferenciando cw, ccw, left y right.

7.18.5. Olvidar la orientación inicial

Si la cámara no apunta hacia la dirección prevista, la trayectoria puede salir en sentido inesperado.

Corrección: marcar siempre la orientación inicial del dron.

7.18.6. No revisar batería

Una batería baja puede interrumpir el programa o forzar un aterrizaje.

Corrección: consultar battery? antes de iniciar.

7.18.7. Asumir precisión perfecta

El dron puede no recorrer exactamente la distancia programada.

Corrección: introducir tolerancias y comparar resultado esperado con resultado real.

7.19. Seguridad específica en programación

La programación introduce riesgos propios. El dron puede moverse sin que el piloto esté actuando sobre los controles en cada instante.

Checklist antes de ejecutar un programa

Comprobación	Sí/No
Código revisado por el grupo	☐
Distancias adecuadas al espacio	☐
Velocidad moderada	☐
Batería suficiente	☐
Zona de vuelo despejada	☐
Alumnado fuera del perímetro	☐
Orientación inicial correcta	☐
Instrucción de aterrizaje incluida	☐
Procedimiento de parada previsto	☐
Docente autoriza ejecución	☐

Regla docente

No se debe ejecutar un programa que el alumno no pueda explicar. Antes de pulsar “ejecutar”, el estudiante debe ser capaz de decir qué hará el dron paso a paso.

7.20. Programación y depuración

Depurar significa localizar y corregir errores. En drones educativos, la depuración es especialmente valiosa porque el error se observa físicamente.

Método de depuración recomendado

447. Leer el programa.
448. Explicar en voz alta qué debería hacer.
449. Ejecutar una versión reducida.
450. Observar el resultado.
451. Comparar resultado esperado y real.
452. Formular una hipótesis.
453. Cambiar un solo parámetro.
454. Probar de nuevo.
455. Registrar la modificación.
456. Extraer conclusión.

Ejemplo

Intento	Programa	Resultado	Hipótesis	Cambio
1	Avanzar 100 cm	Avanza demasiado	Distancia excesiva	Reducir a 70 cm
2	Avanzar 70 cm	Se aproxima al objetivo	Ajuste adecuado	Mantener
3	Añadir giro 90°	Gira bien	Secuencia correcta	Continuar

Este registro convierte el error en evidencia de aprendizaje.

7.21. Actividades progresivas recomendadas

Actividad	Nivel	Conceptos
Consultar batería	Inicial	Comunicación, telemetría
Despegar y aterrizar	Inicial	Secuencia mínima
Avanzar 50 cm	Inicial	Movimiento controlado
Ida y vuelta	Inicial	Reversibilidad
Cuadrado	Básico	Secuencia, geometría
Cuadrado con bucle	Básico	Repetición
Triángulo	Básico-medio	Ángulos, geometría
Ruta con marcas	Medio	Planificación
Detección de Mission Pad	Medio	Visión, coordenadas
Movimiento relativo a Mission Pad	Medio	Sistema de referencia
Lectura de batería antes de vuelo	Medio	Condición
Evitación simple con ToF	Avanzado	Sensor, condición
Vídeo con OpenCV	Avanzado	Visión artificial
Dos drones coordinados	Avanzado	Redes, sincronización

7.22. Evaluación de actividades de programación

Aunque este volumen es técnico, resulta útil disponer de una pauta sencilla para valorar si el alumnado está preparado para avanzar.

Indicador	Nivel inicial	Nivel adecuado	Nivel avanzado
Explica la secuencia	Necesita ayuda	La explica correctamente	Anticipa errores posibles
Usa bloques/comandos	Copia sin comprender	Usa instrucciones adecuadas	Optimiza la secuencia

Indicador	Nivel inicial	Nivel adecuado	Nivel avanzado
Respetar seguridad	Requiere recordatorios	Cumple normas	Ayuda a supervisar
Depura errores	No identifica causa	Propone correcciones	Registra y justifica cambios
Usa bucles	No detecta repetición	Usa repetición básica	Generaliza patrones
Usa condiciones	No las comprende	Aplica condiciones sencillas	Integra sensores
Interpreta resultados	Solo observa si funciona	Compara esperado/real	Analiza tolerancias
Trabaja en equipo	Participación desigual	Reparte tareas	Coordina roles técnicos

7.23. Recomendaciones para docentes sin experiencia previa

Para comenzar con programación de drones, conviene seguir estas recomendaciones:

457. No empezar directamente con Python si el grupo no domina secuencias.
458. Realizar primero una práctica sin vuelo: consultar batería.
459. Usar vuelos cortos y programas simples.
460. Probar el programa antes de clase.
461. Trabajar con un solo dron al principio.
462. Mantener distancias pequeñas.
463. Evitar sensores y Mission Pads en la primera sesión.
464. Leer el programa en voz alta antes de ejecutarlo.
465. Registrar errores como parte de la práctica.
466. Finalizar siempre con reflexión.

Un buen objetivo para la primera sesión de programación no es hacer una trayectoria compleja, sino conseguir que el alumnado comprenda que el dron obedece una secuencia lógica y que esa secuencia debe diseñarse con precisión.

7.24. Propuesta de secuencia docente de tres sesiones

Sesión 1. Programación visual básica

Fase	Actividad
Inicio	Recordatorio de seguridad
Demostración	Despegue y aterrizaje por bloques
Práctica	Avance corto
Reto	Ida y vuelta
Cierre	¿Qué es una secuencia?

Sesión 2. Trayectorias y bucles

Fase	Actividad
Inicio	Revisión de actividad anterior
Demostración	Cuadrado sin bucle
Análisis	Identificación de repetición
Práctica	Cuadrado con bucle
Cierre	Relación con geometría

Sesión 3. Introducción a SDK o Mission Pads

Fase	Actividad
Inicio	Consulta de batería por SDK
Demostración	Comando command y respuesta ok
Práctica	Despegue y aterrizaje por comandos
Extensión	Reconocimiento de Mission Pad
Cierre	Diferencia entre pilotar y programar

Esta secuencia puede adaptarse a Secundaria, Bachillerato o Universidad modificando la profundidad técnica.

7.25. A modo de cierre

La programación convierte al Tello en una herramienta educativa de gran valor. El dron deja de ser un dispositivo que se pilota manualmente para convertirse en un sistema físico programable. Esta transición permite trabajar pensamiento computacional, programación, matemáticas, física, robótica, comunicación inalámbrica, sensores y resolución de problemas.

La progresión recomendada comienza con programación visual, continúa con Scratch o entornos por bloques, avanza hacia el SDK y Python, y finalmente incorpora Mission Pads, sensores y proyectos avanzados. Esta ruta permite adaptar el mismo hardware a distintos niveles educativos.

La clave metodológica es avanzar de forma gradual. Primero se programa una secuencia sencilla; después se introducen bucles; más adelante condiciones; posteriormente sensores; y, finalmente, navegación basada en coordenadas o proyectos con varios drones.

Programar un dron no consiste únicamente en escribir instrucciones. Consiste en imaginar una acción, expresarla de forma ordenada, ejecutarla en un sistema real, observar el resultado, detectar errores, corregirlos y volver a probar. Esa es precisamente una de las experiencias más valiosas que puede ofrecer la robótica educativa.

El siguiente capítulo recogerá los **recursos técnicos y documentales** necesarios para continuar trabajando con la familia Tello: manuales oficiales, SDK, aplicaciones, enlaces

de soporte, materiales para el aula, repositorios de código, fichas de práctica y documentos de apoyo para docentes.



Capítulo 8. Recursos

8.1. Introducción

Este capítulo recoge los principales recursos técnicos, documentales y didácticos necesarios para continuar trabajando con la familia DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent en un contexto educativo.

Después de haber revisado el hardware, la puesta en marcha, el pilotaje, la seguridad, la resolución de problemas y la programación, conviene cerrar el manual con una sección de recursos que permita al profesorado localizar rápidamente la documentación oficial, los manuales de referencia, el SDK, las guías de programación, los materiales docentes y los enlaces de soporte.

El objetivo de este capítulo no es sustituir a la documentación oficial del fabricante, sino ordenar los recursos más relevantes desde una perspectiva docente. En un centro educativo, disponer de estos documentos localizados, descargados y correctamente clasificados evita pérdidas de tiempo, facilita la preparación de prácticas y mejora la continuidad del proyecto.

8.2. Objetivos del capítulo

Este capítulo tiene los siguientes objetivos:

- 467. Identificar los documentos oficiales más importantes para trabajar con Tello, Tello EDU y Tello Talent.
- 468. Diferenciar entre manuales de usuario, guías de inicio rápido, guías de seguridad, SDK y recursos didácticos.
- 469. Recomendar qué documentos deberían conservarse en local en el repositorio del centro.
- 470. Proporcionar una relación ordenada de enlaces técnicos y educativos.
- 471. Facilitar futuras actualizaciones del manual.
- 472. Ofrecer una bibliografía básica para ampliar el uso educativo de drones.
- 473. Servir como punto de partida para profesorado que quiera profundizar en programación, sensores, Mission Pads o proyectos STEAM.

8.3. Recursos oficiales prioritarios

Los recursos oficiales deben considerarse la referencia principal. Son los documentos que conviene consultar antes de realizar cambios de configuración, preparar actividades avanzadas, resolver dudas técnicas o actualizar firmware.

8.3.1. Página oficial de descargas de Tello / Tello EDU

La página oficial de Ryze Robotics para Tello y Tello EDU recopila documentación, aplicaciones, compatibilidades y recursos básicos del producto.

Uso recomendado:

- descargar manuales;
- comprobar versiones disponibles;
- localizar documentación actualizada;
- consultar aplicaciones compatibles;
- revisar recursos de soporte.

Enlace de referencia:

<https://www.ryzerobotics.com/es/tello-edu/downloads>

8.3.2. Página oficial de Tello EDU

La página oficial de Tello EDU presenta el enfoque educativo del dron, incluyendo programación, Mission Pads, vuelo coordinado y posibilidades didácticas.

Uso recomendado:

- presentar el producto al profesorado;
- justificar su uso educativo;
- consultar características de Tello EDU;
- revisar ejemplos de uso con código y Mission Pads;
- explicar la diferencia entre vuelo manual y vuelo programado.

Enlace de referencia:

<https://www.ryzerobotics.com/tello-edu>

8.3.3. DJI Education Hub

DJI Education Hub es una plataforma educativa con recursos para productos de DJI orientados a formación, robótica y programación. Incluye materiales vinculados a RoboMaster, Tello Talent, programación visual, Python y actividades formativas.

Uso recomendado:

- localizar cursos docentes;
- consultar recursos de programación;
- revisar materiales para Tello Talent;
- acceder a contenidos de inteligencia artificial y robótica educativa;
- buscar ejemplos de actividades estructuradas.

Enlace de referencia:

<https://edu.dji.com/>

8.4. Manuales oficiales recomendados

Para un uso educativo seguro y ordenado, se recomienda conservar en el repositorio del centro los siguientes documentos.

Documento	Utilidad principal	Destinatario
Guía de inicio rápido de Tello	Primer encendido, carga, conexión, despegue y aterrizaje	Profesorado principiante
Manual de usuario de Tello	Consulta general de funciones, componentes y uso	Profesorado responsable
Guía de seguridad y descargo de responsabilidad	Normas de seguridad, baterías, vuelo, privacidad y mantenimiento	Coordinación docente/laboratorio
SDK 2.0 User Guide	Programación mediante comandos y comunicación UDP	Profesorado técnico y alumnado avanzado
Mission Pad User Guide	Uso de marcadores visuales y coordenadas	Profesorado de programación/robótica
Scratch README / extensión Tello	Configuración de programación visual con Scratch	Profesorado de iniciación
Documentación de Tello Talent / RoboMaster TT	Módulo de expansión, LED, ToF, programación avanzada	Bachillerato avanzado, FP, Universidad

8.5. Guía de inicio rápido

La guía de inicio rápido es el primer documento que debería consultar un docente sin experiencia previa. Recoge los pasos esenciales para empezar:

- identificación de componentes;
- descarga de la aplicación;
- carga de la batería;
- encendido del dron;
- conexión Wi-Fi;
- visualización de la cámara;
- despegue automático;
- aterrizaje automático;
- uso de los joysticks virtuales;
- toma de fotografías y vídeo;
- instalación y retirada de hélices;
- instalación y retirada de protectores.

Recomendación didáctica

Este documento debe utilizarse como apoyo al Capítulo 3, “Puesta en marcha”. Conviene tener una copia impresa o digital accesible durante las primeras sesiones.

8.6. Manual de usuario

El manual de usuario amplía la información de la guía rápida y permite resolver dudas sobre funcionamiento general, componentes, modos de vuelo y mantenimiento.

Uso recomendado en el centro

Situación	Consulta recomendada
Un docente utiliza el dron por primera vez	Guía rápida y manual de usuario
Aparece una advertencia en la aplicación	Manual de usuario
Se desea revisar el funcionamiento de un modo de vuelo	Manual de usuario
Hay dudas sobre componentes o especificaciones	Manual de usuario
Se prepara una sesión formativa para otros docentes	Manual de usuario y guía rápida

8.7. Guía de seguridad

La guía de seguridad debe considerarse un documento obligatorio para el responsable del material. Incluye advertencias sobre:

- hélices;
- motores;
- baterías LiPo;
- carga;
- almacenamiento;
- condiciones de vuelo;
- interferencias;
- modo rápido;
- batería baja;
- sistema de posicionamiento visual;
- privacidad;
- normativa;
- límites de altura;
- mantenimiento tras golpes.

Uso recomendado

La guía de seguridad debe servir como base para:

- 474. elaborar las normas del aula;
- 475. preparar el checklist de seguridad;
- 476. formar al profesorado;
- 477. justificar protocolos internos;
- 478. decidir cuándo retirar temporalmente un dron;
- 479. explicar al alumnado que el dron no es un juguete.

8.8. SDK 2.0 User Guide

El SDK 2.0 es el documento principal para controlar el Tello mediante comandos de texto. Es especialmente relevante para Bachillerato avanzado, Formación Profesional, Universidad y proyectos de programación.

El SDK permite enviar comandos al dron mediante comunicación Wi-Fi y UDP. Entre sus funciones principales se encuentran:

- entrada en modo comando;
- despegue;
- aterrizaje;
- movimientos básicos;
- giros;
- control de velocidad;
- consulta de batería;
- consulta de tiempo de vuelo;
- consulta de calidad Wi-Fi;
- recepción de estado;
- activación de vídeo;
- uso de Mission Pads.

Comandos básicos de referencia

Comando	Función
command	Entra en modo SDK
takeoff	Despegue automático
land	Aterrizaje automático
forward x	Avanza x centímetros
back x	Retrocede x centímetros
left x	Se desplaza a la izquierda
right x	Se desplaza a la derecha
up x	Sube x centímetros

Comando	Función
down x	Baja x centímetros
cw x	Gira en sentido horario
ccw x	Gira en sentido antihorario
battery?	Consulta batería
speed?	Consulta velocidad
streamon	Activa transmisión de vídeo
streamoff	Desactiva transmisión de vídeo
stop	Detiene movimiento y mantiene vuelo estacionario
emergency	Detiene motores inmediatamente, solo en emergencia

Enlace de referencia

<https://dl-cdn.ryzerobotics.com/downloads/Tello/Tello%20SDK%202.0%20User%20Guide.pdf>

8.9. Mission Pad User Guide

La guía de Mission Pads es esencial para trabajar con navegación basada en marcadores visuales. Los Mission Pads permiten que el Tello EDU reconozca identificadores y coordenadas mediante la cámara.

Contenidos principales

- identificación de Mission Pads;
- uso de IDs;
- orientación del eje X;
- origen de coordenadas;
- comandos mon, moff y mdirection;
- comandos go, curve y jump;
- rango de detección;
- condiciones de iluminación;
- superficies recomendadas;
- causas frecuentes de error.

Uso didáctico

Los Mission Pads permiten trabajar:

- coordenadas;
- orientación espacial;
- navegación;
- visión artificial básica;
- geometría;

- sistemas de referencia;
- depuración de errores;
- programación avanzada.

Enlace de referencia

<https://dl-cdn.ryzerobotics.com/downloads/Tello/Tello%20Mission%20Pad%20User%20Guide.pdf>

8.10. Recursos para Scratch

La programación con Scratch es una vía adecuada para iniciar al alumnado en la programación visual del dron. Según la documentación de trabajo, el procedimiento general requiere:

480. instalar Scratch Offline Editor;
481. instalar Node.js;
482. descargar los archivos Tello.js y Tello.s2e;
483. ejecutar el servidor local;
484. importar la extensión experimental HTTP en Scratch;
485. comprobar que aparecen los bloques de Tello.

Uso recomendado

Scratch resulta especialmente útil para:

- Secundaria;
- introducción al pensamiento computacional;
- secuencias sencillas;
- bucles;
- retos geométricos;
- alumnado que ya conoce programación por bloques.

Precaución

Antes de realizar una sesión con Scratch, el docente debe comprobar previamente que el entorno está instalado y que los bloques se comunican correctamente con el dron. No se recomienda configurar todo el entorno por primera vez durante una sesión con alumnado, salvo que se trate de una práctica avanzada de instalación y configuración.

8.11. Recursos para Python

Python es una opción adecuada para niveles avanzados. Permite controlar el dron mediante SDK y desarrollar proyectos con mayor flexibilidad.

Usos recomendados

Nivel	Uso
Bachillerato avanzado	Secuencias básicas, consulta de batería, trayectorias
Formación Profesional	Automatización, depuración, sensores, redes
Universidad	SDK, telemetría, vídeo, OpenCV, varios drones
Formación docente avanzada	Diseño de prácticas y materiales técnicos

Bibliotecas y herramientas habituales

Recurso	Finalidad
Python 3	Lenguaje de programación
Sockets UDP	Comunicación directa con el SDK
djitellopy	Biblioteca de alto nivel para Tello
OpenCV	Procesamiento de vídeo e imagen
Jupyter Notebook	Documentación y experimentación
PyCharm / VS Code	Desarrollo de scripts
Packet Sender	Pruebas de comandos UDP

Recomendación

Antes de programar vuelos completos con Python, conviene empezar con una práctica sin vuelo:

```
command  
battery?
```

De este modo se verifica la comunicación sin riesgo de movimiento.

8.12. Recursos para Tello Talent / RoboMaster TT

El RoboMaster Tello Talent añade recursos específicos orientados a proyectos STEAM avanzados:

- módulo de expansión;
- microcontrolador ESP32;
- matriz LED 8x8;
- LED RGB;
- sensor ToF;
- conectividad ampliada;
- programación visual;
- Python;

- MicroPython;
- Arduino C/C++;
- proyectos de inteligencia artificial;
- posibles actividades de enjambre.

Uso recomendado

Recurso	Aplicación didáctica
Matriz LED	Mensajes, iconos, arte digital, estado del programa
LED RGB	Señalización, coreografías, identificación de equipos
Sensor ToF	Distancia, obstáculos, condiciones, robótica
ESP32	Electrónica, sensores externos, IoT educativo
Python	Automatización y programación avanzada
DJI Education Hub	Cursos, guías y actividades

Enlace de referencia

<https://edu.dji.com/>

8.13. Recursos didácticos para el aula

Además de los manuales técnicos, conviene crear o conservar materiales propios del centro. Estos recursos permiten repetir las actividades con distintos grupos y profesorado.

Materiales recomendados

Recurso	Uso
Checklist de puesta en marcha	Preparación previa
Checklist de seguridad	Autorización de vuelo
Ficha de identificación del dron	Actividad inicial
Ficha de práctica	Registro del alumnado
Plantilla de programación	Diseño de secuencias
Hoja de incidencias	Mantenimiento
Rúbrica de evaluación	Valoración competencial
Cartel de normas de vuelo	Seguridad visible
Inventario de drones y baterías	Gestión del material
Registro de baterías	Control de carga y vida útil
Plantilla de proyecto STEAM	Diseño de retos

Estos recursos pueden incluirse como anexos del documento final.

8.14. Repositorio recomendado del centro

Para evitar pérdida de documentación, se recomienda crear una carpeta o repositorio interno con la siguiente estructura:

DRONES_EDUCATIVOS_TELLO/

- 01_Manuales_Oficiales/
 - Tello_Quick_Start_Guide.pdf
 - Tello_User_Manual.pdf
 - Tello_Disclaimer_Safety_Guidelines.pdf
 - Tello_SDK_2.0_User_Guide.pdf
 - Tello_Mission_Pad_User_Guide.pdf
- 02_Apps_y_Software/
 - Tello_App/
 - Tello_EDU_App/
 - Scratch/
 - Python/
 - RoboMaster_TT/
- 03_Practicas_Docentes/
 - Secundaria/
 - Bachillerato/
 - Universidad/
 - Formacion_Profesorado/
- 04_Checklists_y_Rubricas/
 - Checklist_Seguridad.pdf
 - Checklist_Puesta_Marcha.pdf
 - Rubrica_Programacion.pdf
 - Ficha_Incidencias.pdf
- 05_Codigo_Ejemplos/
 - Bloques/
 - Scratch/
 - Python_SDK/
 - Mission_Pads/
 - OpenCV/
- 06_Imagenes_y_Figuras/
 - Componentes_Dron/
 - Zona_Vuelo/
 - Mission_Pads/
 - Capturas_App/
- 07_Publicacion_Final/
 - Volumen_I_Manual_Tecnico.docx
 - Volumen_II_Guia_Didactica.docx
 - Anexos_Imprimibles/

Esta organización facilita la continuidad del proyecto, especialmente si varios docentes comparten el material.

8.15. Enlaces técnicos recomendados

Recurso	Enlace	Uso principal
Ryze Robotics - Tello EDU Downloads	https://www.ryzerobotics.com/es/tello-edu/downloads	Descarga de documentación y recursos
Ryze Robotics - Tello EDU	https://www.ryzerobotics.com/tello-edu	Información general del modelo educativo
SDK 2.0 User Guide	https://dl-cdn.ryzerobotics.com/downloads/Tello/Tello%20SDK%202.0%20User%20Guide.pdf	Programación mediante SDK
Mission Pad User Guide	https://dl-cdn.ryzerobotics.com/downloads/Tello/Tello%20Mission%20Pad%20User%20Guide.pdf	Uso de marcadores y coordenadas
DJI Education Hub	https://edu.dji.com/	Recursos educativos y formación
DJI Education Resource Base	https://edu.dji.com/hub/teacher/resourceBase	Materiales docentes y cursos
Tello SDK Multi-Tello Formation	https://github.com/TelloSDK/Multi-Tello-Formation	Ejemplos de formación con varios drones
Scratch	https://scratch.mit.edu/download	Programación visual
Node.js	https://nodejs.org/	Requisito para extensión Scratch clásica
Python	https://www.python.org/	Programación textual
OpenCV	https://opencv.org/	Visión artificial

8.16. Bibliografía técnica básica

La siguiente bibliografía técnica debería considerarse prioritaria para cualquier centro que utilice Tello como recurso educativo.

486. Ryze Tech. *Tello Quick Start Guide*.
Guía básica de puesta en marcha, carga, conexión, vuelo y controles.
487. Ryze Tech. *Tello User Manual*.
Manual de usuario general del dron.

488. Ryze Tech. Tello Disclaimer and Safety Guidelines.
Documento de seguridad, advertencias, baterías, condiciones de vuelo, privacidad y responsabilidad.
489. Ryze Tech. Tello SDK 2.0 User Guide.
Guía de comandos para programación mediante SDK.
490. Ryze Tech. Tello Mission Pad User Guide.
Guía de uso de Mission Pads con Tello EDU.
491. DJI Education. RoboMaster TT / Tello Talent Educational Resources.
Recursos formativos y materiales educativos para Tello Talent.
492. DJI Education Hub. Tello Talent Programming and AI Resources.
Materiales de programación visual, Python e inteligencia artificial.

8.17. Bibliografía didáctica recomendada

Para ampliar la fundamentación educativa, se recomienda consultar bibliografía sobre drones en educación, robótica educativa, aprendizaje STEAM, pensamiento computacional y aprendizaje basado en proyectos.

Líneas bibliográficas recomendadas

Línea	Utilidad
Drones en educación	Justificar el uso del recurso en el aula
Robótica educativa	Integrar el dron como sistema robótico
Pensamiento computacional	Relacionar programación con resolución de problemas
Aprendizaje STEAM	Diseñar proyectos interdisciplinares
Aprendizaje basado en retos	Plantear actividades motivadoras
Seguridad tecnológica	Trabajar responsabilidad y prevención
Ciudadanía digital	Abordar privacidad, imagen y uso responsable
Evaluación competencial	Diseñar rúbricas y evidencias de aprendizaje

Referencias orientativas

493. Revisiones sistemáticas sobre drones en procesos educativos.
Útiles para fundamentar la incorporación de drones como recurso STEAM.
494. Estudios sobre programación de drones y mejora de habilidades espaciales.
Relevantes para justificar actividades de geometría, coordenadas y secuenciación.
495. Materiales de aprendizaje basado en proyectos con robótica.
Aplicables al diseño de retos de aula.

496. Documentación curricular sobre competencia digital y pensamiento computacional.
Necesaria para vincular las actividades con objetivos educativos.
497. Guías de seguridad y privacidad en el uso de tecnología educativa.
Importantes para el uso de cámara y tratamiento de imágenes en el aula.

8.18. Recomendaciones para actualización del manual

Este manual debe considerarse un documento vivo. La tecnología, las aplicaciones, los sistemas operativos y los enlaces pueden cambiar con el tiempo. Por ello, se recomienda realizar una revisión periódica.

Frecuencia recomendada

Revisión	Frecuencia
Estado físico de drones y baterías	Mensual o según uso
Aplicaciones móviles	Antes de cada bloque de prácticas
Enlaces oficiales	Una vez por curso
SDK y bibliotecas Python	Una vez por curso
Firmware	Antes de actividades relevantes
Rúbricas y fichas	Al finalizar cada experiencia docente
Actividades didácticas	Tras cada aplicación en aula

Control de versiones

Cada actualización del manual debería incluir:

- número de versión;
- fecha;
- autor o responsable;
- cambios realizados;
- motivo del cambio;
- documentos añadidos;
- enlaces revisados.

Ejemplo:

Versión	Fecha	Cambio	Responsable
v01	2026	Primera versión documental	
v02	2026	Actualización de enlaces y anexos	
v03	2027	Incorporación de nuevas prácticas	

8.19. Documentos que conviene imprimir

Aunque gran parte de los recursos pueden mantenerse en formato digital, algunos documentos son útiles en papel o plastificados.

Recomendados para impresión

Documento	Uso
Normas básicas de vuelo	Cartel visible en aula
Checklist antes del vuelo	Uso en cada práctica
Checklist después del vuelo	Revisión del material
Ficha de incidencias	Registro rápido
Rúbrica de evaluación	Evaluación docente
Ficha de práctica del alumnado	Trabajo por grupos
Identificación de componentes	Primera sesión
Tabla de comandos básicos	Programación
Tabla de Mission Pads	Navegación
Protocolo de emergencia	Seguridad

8.20. Recursos mínimos para comenzar

Si un centro desea comenzar con el menor número posible de recursos, se recomienda disponer al menos de:

498. Guía de inicio rápido.
499. Guía de seguridad.
500. Manual de usuario.
501. Checklist de puesta en marcha.
502. Checklist de seguridad.
503. Aplicación Tello o Tello EDU instalada.
504. Tabla básica de comandos.
505. Ficha de incidencias.
506. Rúbrica sencilla.
507. Una práctica inicial de vuelo y otra de programación por bloques.

Con estos recursos puede iniciarse una experiencia docente sencilla, segura y progresiva.

8.21. Recursos avanzados para continuidad

Para proyectos de mayor nivel, conviene añadir:

508. SDK 2.0 User Guide.
509. Mission Pad User Guide.

- 510. Python 3.
- 511. Librerías de control de Tello.
- 512. OpenCV.
- 513. Router dedicado para varios drones.
- 514. Repositorio de código.
- 515. Plantillas de informes.
- 516. Actividades con sensores.
- 517. Guías de Tello Talent y módulo de expansión.

Estos recursos permiten avanzar hacia prácticas de Bachillerato avanzado, Formación Profesional, Universidad o formación docente especializada.

8.22. A modo de cierre

El Capítulo 8 cierra esta I Parte, proporcionando el mapa documental necesario para trabajar con la familia Tello de forma autónoma y segura. Un manual técnico no debe limitarse a explicar el funcionamiento del dron; también debe indicar dónde encontrar la información oficial, cómo organizar los documentos, qué recursos conservar y cómo mantener actualizado el material.

Para un centro educativo, la disponibilidad de recursos bien clasificados es tan importante como el propio dron. Permite preparar sesiones, resolver incidencias, formar a nuevos docentes, justificar actividades, documentar proyectos y garantizar la continuidad del trabajo.

A partir de aquí, la II Parte puede centrarse plenamente en la dimensión didáctica: planificación de aula, actividades, proyectos STEAM, evaluación y adaptación por niveles educativos.



II Parte. Guía Didáctica

DJI Tello EDU / Tello Talent

Aprendizaje basado en drones educativos

Presentación de la II Parte

Esta segunda parte tiene una finalidad claramente didáctica. Mientras que la I Parte se centra en el conocimiento técnico del dron —hardware, puesta en marcha, pilotaje, seguridad, resolución de problemas y programación—, este Volumen II aborda cómo utilizar el DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent como recursos de enseñanza y aprendizaje.

El objetivo no es únicamente “volar drones en clase”, sino diseñar experiencias educativas estructuradas en las que el dron actúe como medio para trabajar programación, robótica, pensamiento computacional, física, matemáticas, tecnología, creatividad, trabajo en equipo y resolución de problemas.

La guía está pensada para profesorado sin experiencia previa en drones. Por ello, se propone una progresión gradual: primero observar y manipular el equipo de forma segura; después pilotar; posteriormente programar secuencias sencillas; y, finalmente, plantear retos STEAM más complejos con sensores, Mission Pads, Python, SDK o vuelos coordinados.

El enfoque general es práctico, seguro y competencial. Cada actividad debe permitir al alumnado aprender haciendo, pero también pensar sobre lo que hace: planificar, ejecutar, observar, medir, corregir y explicar.



Capítulo 1. Introducción educativa

1.1. Sentido pedagógico del uso de drones

Los drones educativos ofrecen una oportunidad singular para transformar contenidos abstractos en experiencias visibles y manipulables. Un algoritmo deja de ser una sucesión de instrucciones escritas en una pantalla y se convierte en un movimiento real. Una coordenada deja de ser un punto en un plano y se convierte en una posición que el dron intenta alcanzar. Un error de programación deja de ser únicamente un mensaje en el ordenador y pasa a observarse como una trayectoria incorrecta, una desviación o una respuesta inesperada.

El uso del Tello en el aula permite integrar varias dimensiones educativas:

- aprendizaje activo;
- experimentación;
- pensamiento computacional;
- robótica;
- programación;
- física del movimiento;
- geometría;
- medición;
- trabajo cooperativo;
- creatividad;

- seguridad tecnológica;
- ciudadanía digital;
- resolución de problemas reales.

El dron no sustituye a la explicación docente, sino que la complementa. Permite que el alumnado experimente, formule hipótesis, compruebe resultados y aprenda a partir de la corrección de errores.

1.2. Drones y aprendizaje STEAM

El enfoque STEAM integra Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas. El Tello EDU y el Tello Talent encajan especialmente bien en este modelo porque permiten trabajar simultáneamente varios ámbitos.

Área STEAM	Aplicación con drones
Ciencia	Movimiento, fuerzas, energía, sensores, experimentación
Tecnología	Dispositivos digitales, conectividad, aplicaciones, firmware
Ingeniería	Diseño de soluciones, planificación de trayectorias, prototipado
Arte	Patrones LED, coreografías, fotografía, vídeo, creatividad visual
Matemáticas	Coordenadas, ángulos, distancias, geometría, proporcionalidad

Esta integración permite que el alumnado comprenda que los problemas tecnológicos reales no pertenecen a una sola asignatura. Para conseguir que un dron vuele una trayectoria, hay que pensar en código, espacio, medida, energía, orientación, seguridad y entorno.

1.3. Pensamiento computacional

El pensamiento computacional consiste en resolver problemas de forma ordenada, dividiéndolos en pasos, identificando patrones, creando algoritmos y depurando errores. Los drones permiten trabajar estos procesos de forma muy visible.

Al programar un dron, el alumnado debe:

518. Definir el objetivo.
519. Dividirlo en acciones pequeñas.
520. Ordenar las instrucciones.
521. Elegir distancias, giros y velocidades.
522. Ejecutar el programa.

523. Observar el resultado.
524. Detectar errores.
525. Ajustar parámetros.
526. Volver a probar.
527. Explicar la solución.

Este ciclo coincide con una forma muy valiosa de aprender tecnología: no se trata solo de obtener un resultado final, sino de comprender el proceso.

1.4. Robótica educativa

Un dron educativo es un robot móvil aéreo. Tiene sensores, actuadores, alimentación, comunicación, sistema de control y capacidad de ejecutar instrucciones. Esta condición lo convierte en un recurso adecuado para introducir conceptos básicos de robótica.

Conceptos que pueden trabajarse:

- sensor;
- actuador;
- control;
- autonomía;
- realimentación;
- movimiento;
- estabilidad;
- programación;
- entorno;
- error;
- calibración;
- seguridad.

En niveles iniciales, basta con comprender que el dron recibe órdenes y las transforma en movimientos. En niveles avanzados, puede analizarse cómo utiliza sensores, cómo responde al entorno o cómo puede coordinarse con otros drones.

1.5. Competencias educativas

El trabajo con drones educativos permite desarrollar competencias curriculares y transversales.

Competencia	Desarrollo mediante drones
Competencia digital	Manejo de aplicaciones, programación, redes, datos y dispositivos
Competencia matemática	Medida, distancias, ángulos, coordenadas y geometría

Competencia	Desarrollo mediante drones
Competencia científica	Hipótesis, experimentación, observación y análisis de resultados
Aprender a aprender	Ensayo, error, ajuste, reflexión y mejora
Competencia personal y social	Trabajo en equipo, roles, responsabilidad y comunicación
Competencia emprendedora	Diseño de retos, búsqueda de soluciones y prototipado
Competencia en comunicación	Explicación de procedimientos, documentación y presentación
Competencia ciudadana	Seguridad, privacidad, normativa y uso responsable

El valor del dron no reside solo en su atractivo tecnológico, sino en su capacidad para articular aprendizajes complejos en torno a una experiencia común.



Capítulo 2. Organización del aula

2.1. Principios de organización

El uso de drones en el aula requiere una organización más cuidadosa que otras actividades digitales. No basta con repartir dispositivos. Hay que preparar el espacio, definir roles, establecer normas, controlar baterías y garantizar que cada vuelo tiene un objetivo claro.

Toda sesión con drones debe responder a cuatro preguntas:

- 528. ¿Qué se quiere aprender?
- 529. ¿Dónde se va a volar?
- 530. ¿Quién hace cada tarea?
- 531. ¿Cómo se actuará si algo falla?

La organización previa reduce riesgos y mejora la calidad del aprendizaje.

2.2. Material necesario

Para una actividad básica con drones Tello se recomienda disponer de:

Material	Uso
Dron Tello, Tello EDU o Tello Talent	Equipo principal
Baterías cargadas	Alimentación del dron
Dispositivo móvil o tableta	Control mediante aplicación
Ordenador	Programación avanzada, Scratch, Python o SDK
Protectores de hélices	Seguridad
Hélices de repuesto	Sustitución por desgaste o golpe
Cable Micro USB	Carga
Mission Pads	Navegación por marcadores
Cinta adhesiva	Delimitar zona de vuelo
Carteles o conos	Marcas de trayectoria
Cinta métrica	Medición de desplazamientos
Hoja de checklist	Control de seguridad
Hoja de incidencias	Registro técnico
Rúbrica	Evaluación

El material debe estar inventariado y revisado. En centros educativos es recomendable numerar drones, baterías y accesorios.

2.3. Espacios recomendados

El espacio ideal es un aula amplia, laboratorio, gimnasio o sala polivalente donde se pueda delimitar una zona de vuelo. Para primeras prácticas se recomienda una zona mínima aproximada de 3 × 3 metros por dron.

Espacio	Adecuación	Observaciones
Aula despejada	Adecuada	Solo para vuelos breves y controlados

Espacio	Adecuación	Observaciones
Aula de tecnología	Muy adecuada	Permite integrar programación y medición
Gimnasio	Muy adecuado	Mayor espacio y seguridad
Sala polivalente	Adecuada	Requiere control de accesos
Pasillo	Poco recomendable	Solo si no hay tránsito
Patio exterior	Avanzado	Solo sin viento y con control normativo

Para iniciación se recomienda priorizar espacios interiores, sin viento, con buena iluminación y suelo no reflectante.

2.4. Distribución del aula

La zona de trabajo debe diferenciar claramente:

- zona de vuelo;
- zona de observación;
- zona de programación;
- zona de material;
- zona de baterías;
- posición del docente.

La zona de vuelo debe estar libre de alumnado salvo autorización expresa. El alumnado que no pilota observa desde fuera del perímetro.

2.5. Roles del alumnado

Asignar roles convierte la actividad en una práctica cooperativa y evita que todos quieran manipular el dron al mismo tiempo.

Rol	Función
Piloto	Maneja el dron o ejecuta el programa
Copiloto	Lee instrucciones y ayuda a seguir la secuencia
Programador	Construye o revisa el código
Observador de seguridad	Vigila que nadie entre en la zona de vuelo
Responsable de batería	Controla carga y uso
Responsable de material	Revisa hélices, protectores y accesorios
Responsable de registro	Anota resultados, errores e incidencias
Portavoz	Explica el trabajo del grupo

Estos roles pueden rotar entre sesiones para que todo el alumnado experimente distintas responsabilidades.

2.6. Normas básicas de aula

Antes de cada sesión deben recordarse unas normas mínimas:

- 532. Nadie toca el dron encendido.
- 533. Nadie entra en la zona de vuelo sin permiso.
- 534. Nadie se acerca a las hélices.
- 535. Solo pilota quien tiene el rol asignado.
- 536. El docente autoriza cada despegue.
- 537. Se aterriza ante batería baja o incidencia.
- 538. No se graba a personas sin autorización.
- 539. Se registra cualquier golpe o fallo.
- 540. La seguridad está por encima del reto.
- 541. Si hay duda, no se despega.

Estas normas deben estar visibles en el aula.

2.7. Organización temporal de una sesión

Una sesión estándar de 50 minutos puede organizarse así:

Fase	Duración	Actividad
Inicio	5 min	Objetivo, normas y roles
Preparación	5 min	Revisión de dron, batería y espacio
Demostración	10 min	Explicación docente
Trabajo en grupos	20 min	Programación, vuelo o medición
Cierre	10 min	Puesta en común, incidencias y reflexión

En sesiones iniciales es preferible realizar menos vuelos, pero mejor planificados.



Capítulo 3. Secuencia didáctica general

3.1. Progresión recomendada

La enseñanza con drones debe avanzar de forma gradual. No se recomienda comenzar directamente con programación avanzada o varios drones. La siguiente progresión puede servir como referencia.

Etapa	Objetivo principal	Actividad tipo
1	Conocer el dron	Identificación de componentes
2	Preparar el vuelo	Checklist y conexión
3	Pilotar manualmente	Despegue, avance y aterrizaje
4	Programar secuencias	Vuelo por bloques
5	Usar bucles	Trayectorias geométricas
6	Incorporar sensores	Distancia, batería o ToF
7	Usar referencias	Mission Pads
8	Resolver retos	Proyectos STEAM
9	Documentar	Informe, vídeo, presentación
10	Evaluar y mejorar	Rúbrica y reflexión

3.2. Secuencia mínima para docentes sin experiencia

Para un primer ciclo de trabajo se recomienda una secuencia de cuatro sesiones.

Sesión 1. Conocer el dron

Objetivo: identificar componentes y normas de seguridad.

Actividades:

- presentación del dron;
- identificación de cámara, hélices, batería, sensores y protectores;
- explicación de normas;
- demostración de encendido y conexión;
- observación de cámara en directo;
- sin vuelo o con vuelo demostrativo breve del docente.

Producto final: ficha de identificación del dron.

Sesión 2. Primer vuelo manual

Objetivo: realizar un vuelo básico controlado.

Actividades:

- revisión checklist;
- despegue automático;
- vuelo estacionario;
- avance corto;
- retroceso;
- giro suave;
- aterrizaje automático;
- registro de observaciones.

Producto final: hoja de registro de primer vuelo.

Sesión 3. Primera programación por bloques

Objetivo: programar una secuencia sencilla.

Actividades:

- explicación de algoritmo;
- bloques de despegar, esperar y aterrizar;
- avance corto;
- ajuste de distancias;
- comparación entre resultado esperado y real.

Producto final: programa básico documentado.

Sesión 4. Trayectoria geométrica

Objetivo: programar una figura sencilla.

Actividades:

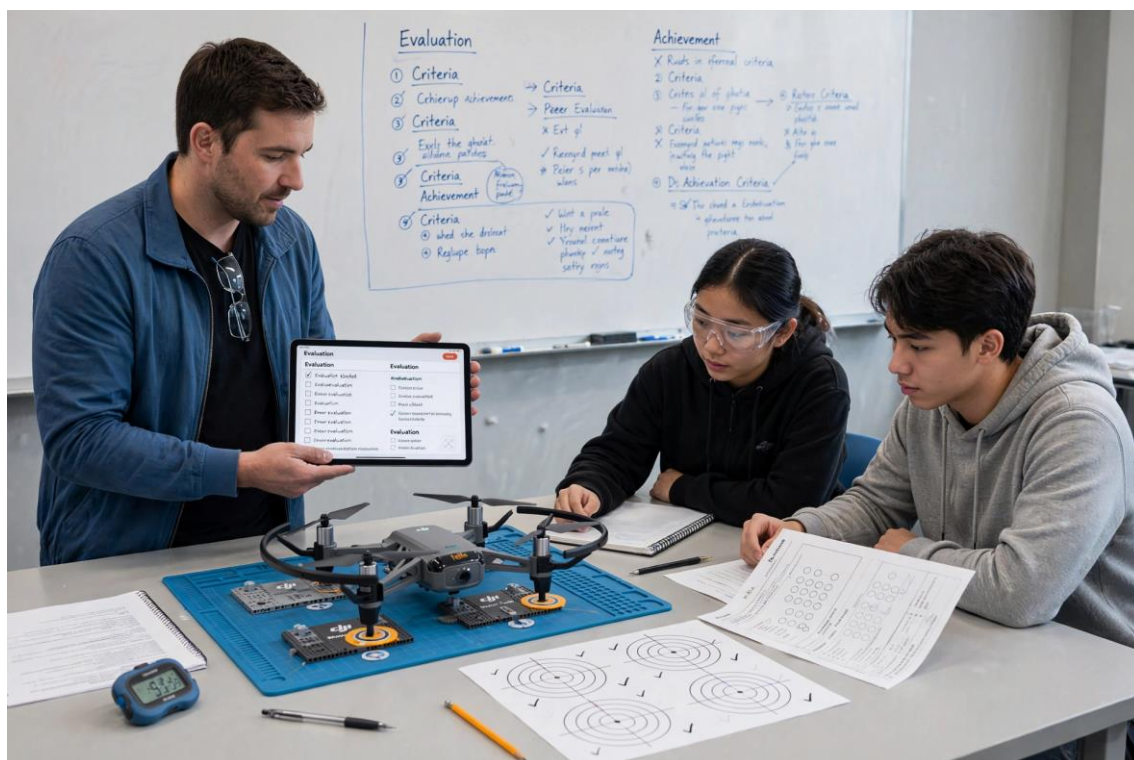
- dibujo de trayectoria;
- identificación de pasos;
- programación de un cuadrado;
- introducción del bucle;
- medición de desviaciones;
- reflexión final.

Producto final: reto de vuelo geométrico.

3.3. Secuencia ampliada de seis sesiones

Para un proyecto más completo puede utilizarse esta secuencia.

Sesión	Tema	Resultado esperado
1	Seguridad e identificación	Checklist y normas
2	Pilotaje básico	Vuelo manual controlado
3	Programación básica	Secuencia despegar-avanzar-aterrizar
4	Bucles y geometría	Trayectoria cuadrada
5	Sensores o Mission Pads	Movimiento con referencia
6	Reto final	Presentación de proyecto



Capítulo 4. Actividades de iniciación

4.1. Actividad 1. Identificación del dron

Objetivo

Reconocer visualmente las partes principales del dron y comprender su función.

Materiales

- dron apagado;
- ficha de componentes;
- lápiz o tableta;
- imagen del dron con números.

Desarrollo

542. El docente muestra el dron apagado.
543. El alumnado identifica cámara, hélices, motores, batería, sensores y protectores.
544. Cada grupo completa una tabla de componentes.
545. Se explica la función de cada elemento.
546. Se relaciona cada componente con una norma de seguridad.

Evaluación

Indicador

Logro esperado

Identifica la cámara

Reconoce la parte frontal

Indicador	Logro esperado
Identifica hélices y motores	Comprende el riesgo de movimiento
Identifica batería	Comprende la necesidad de carga
Identifica sensores	Relaciona sensores con estabilidad
Respeto manipulación	No toca partes sensibles

4.2. Actividad 2. Checklist de vuelo

Objetivo

Aprender a revisar el equipo antes de despegar.

Desarrollo

El alumnado recibe una lista de comprobación y debe verificar:

- batería cargada;
- hélices en buen estado;
- protectores colocados;
- sensores limpios;
- zona despejada;
- conexión Wi-Fi;
- cámara visible;
- alumnado fuera de la zona de vuelo.

Producto

Checklist completado y firmado por el grupo.

4.3. Actividad 3. Primer vuelo observado

Objetivo

Observar el comportamiento del dron en vuelo estacionario.

Desarrollo

547. El docente realiza el despegue.
548. El dron mantiene posición durante unos segundos.
549. El alumnado observa si se desplaza.
550. Se anota si hay deriva.
551. Se aterriza.
552. Se comentan posibles causas.

Preguntas de reflexión

- ¿El dron se ha mantenido quieto?

- ¿Se ha desplazado hacia algún lado?
 - ¿Qué puede influir en su estabilidad?
 - ¿Qué papel tienen los sensores?
 - ¿Por qué es importante la iluminación?
-

4.4. Actividad 4. Avance y retroceso

Objetivo

Comprender la relación entre control, orientación y desplazamiento.

Desarrollo

553. Se coloca una marca de salida.
554. El dron despegue.
555. Avanza una distancia corta.
556. Retrocede.
557. Aterrizaje.
558. El grupo mide la diferencia respecto al punto inicial.

Aprendizaje

El alumnado comprende que el dron no siempre vuelve exactamente al punto inicial. Se introduce la idea de error, tolerancia y condiciones reales de ejecución.

4.5. Actividad 5. Fotografía de una marca

Objetivo

Usar la cámara con finalidad educativa y responsable.

Desarrollo

559. Se coloca una marca en el suelo o pared.
560. El dron despegue.
561. Se orienta la cámara hacia la marca.
562. Se toma una fotografía.
563. Se aterriza.
564. Se revisa la imagen.

Normas

- No grabar rostros.
 - No grabar personas sin autorización.
 - Usar la cámara para documentar la práctica.
 - Borrar pruebas innecesarias.
-



Capítulo 5. Programación por bloques

5.1. Introducción

La programación por bloques es la vía más adecuada para introducir al alumnado en el control automático del dron. Permite centrarse en la lógica de la acción sin exigir todavía sintaxis textual.

El alumnado puede comprender de forma visual:

- qué instrucción se ejecuta primero;
- qué movimientos se repiten;
- qué valores se pueden modificar;
- qué ocurre cuando una orden está mal colocada;
- cómo mejorar una secuencia.

5.2. Actividad 1. Despegar y aterrizar

Objetivo

Crear el primer programa mínimo.

Programa conceptual

despegar
esperar 3 segundos
aterrizar

Desarrollo

- 565. El docente explica el programa.
- 566. El grupo lo construye por bloques.
- 567. Antes de ejecutar, el alumnado lo lee en voz alta.
- 568. Se revisa la zona de vuelo.
- 569. Se ejecuta.
- 570. Se comenta el resultado.

Aprendizaje

Un programa es una secuencia ordenada de instrucciones.

5.3. Actividad 2. Avanzar una distancia

Objetivo

Relacionar una instrucción de movimiento con una distancia real.

Programa conceptual

despegar
avanzar 50 cm
aterrizar

Desarrollo

- 571. Se marca el punto de salida.
- 572. Se programa el avance.
- 573. Se ejecuta.
- 574. Se mide la distancia real.
- 575. Se compara con la esperada.
- 576. Se ajusta el valor si es necesario.

Pregunta clave

¿Por qué el dron puede no avanzar exactamente 50 cm?

5.4. Actividad 3. Ida y vuelta

Objetivo

Comprender la reversibilidad de una trayectoria.

Programa conceptual

despegar
avanzar 50 cm
retroceder 50 cm
aterrizar

Posibles variaciones

- aumentar distancia;
 - añadir pausa;
 - repetir dos veces;
 - medir error acumulado.
-

5.5. Actividad 4. Cuadrado programado

Objetivo

Integrar programación y geometría.

Programa inicial

despegar
avanzar 100 cm
girar 90 grados
avanzar 100 cm
girar 90 grados
avanzar 100 cm
girar 90 grados
avanzar 100 cm
girar 90 grados
aterrizar

Mejora con bucle

despegar
repetir 4 veces:
 avanzar 100 cm
 girar 90 grados
aterrizar

Contenidos trabajados

- secuencia;
 - repetición;
 - ángulo recto;
 - perímetro;
 - error de ejecución;
 - ajuste de parámetros.
-

5.6. Actividad 5. Triángulo programado

Objetivo

Aplicar ángulos y repetición a otra figura.

Programa conceptual

despegar
repetir 3 veces:
 avanzar 100 cm
 girar 120 grados
aterrizar

Discusión

El alumnado debe justificar por qué el giro es de 120 grados y no de 60 grados. Esta actividad conecta programación con geometría de forma muy directa.

5.7. Actividad 6. Reto de figuras

Objetivo

Diseñar una trayectoria propia.

Propuesta

Cada grupo elige una figura o letra sencilla y debe:

- 577. dibujarla en papel;
- 578. descomponerla en pasos;
- 579. escribir la secuencia en lenguaje natural;
- 580. programarla por bloques;
- 581. ejecutarla;
- 582. corregirla;
- 583. presentarla al grupo.

Evaluación

Se valorará más la planificación y la justificación que la perfección del vuelo.



Capítulo 6. Programación avanzada

6.1. Introducción

La programación avanzada permite pasar de bloques visuales a código textual, uso de SDK, Python, sensores, Mission Pads y proyectos de mayor complejidad. Este nivel es especialmente adecuado para Bachillerato avanzado, Formación Profesional, Universidad y formación específica del profesorado.

No debe introducirse como primer contacto. Es preferible que el alumnado ya haya realizado vuelos básicos y programas sencillos.

6.2. Introducción al SDK

El SDK permite enviar comandos de texto al dron mediante comunicación Wi-Fi. Esta aproximación permite trabajar conceptos de redes, protocolos, puertos, telemetría y control de sistemas físicos.

Comandos básicos:

Comando	Función
command	Entra en modo SDK
takeoff	Despega
land	Aterriza
forward x	Avanza x cm

Comando	Función
back x	Retrocede x cm
cw x	Gira x grados en sentido horario
ccw x	Gira x grados en sentido antihorario
battery?	Consulta batería
streamon	Activa vídeo
stop	Detiene movimiento

6.3. Primera práctica con SDK

Objetivo

Comprobar comunicación sin iniciar vuelo.

Secuencia

command
battery?

Desarrollo

584. Conectar el ordenador a la red del dron.
585. Enviar command.
586. Esperar respuesta ok.
587. Enviar battery?.
588. Registrar el porcentaje.
589. Decidir si se puede volar.

Esta práctica es ideal para empezar porque no implica riesgo de movimiento.

6.4. Primera práctica con Python

Objetivo

Enviar una secuencia básica desde un programa.

Programa conceptual

```
enviar("command")  
enviar("battery?")  
enviar("takeoff")  
esperar(3)  
enviar("Land")
```

Aprendizaje

El alumnado comprende que un programa puede comunicarse con un dispositivo físico. También aprende la importancia de esperar respuestas y no enviar instrucciones sin control.

6.5. Uso de Mission Pads

Los Mission Pads permiten trabajar con marcadores visuales y coordenadas. Son especialmente útiles para introducir sistemas de referencia.

Actividad. Reconocimiento de marcador

Objetivo: comprobar que el dron detecta un Mission Pad.

Secuencia:

590. Colocar el Mission Pad en una superficie plana.
591. Activar detección.
592. Despegar.
593. Mantener altura adecuada.
594. Confirmar identificador detectado.
595. Aterrizar.

Condiciones

- buena iluminación;
 - altura adecuada;
 - pad plano;
 - fondo no reflectante;
 - superficie no completamente blanca o negra;
 - dron orientado correctamente.
-

6.6. Actividad con coordenadas

Objetivo

Desplazar el dron respecto a un Mission Pad.

Programa conceptual

```
command  
mon  
takeoff  
go 100 0 80 40 m1  
land
```

Interpretación

El dron intenta desplazarse a una coordenada definida respecto al Mission Pad nº 1.

Preguntas didácticas

- ¿Qué significa X?
 - ¿Qué significa Y?
 - ¿Qué significa Z?
 - ¿Qué ocurre si el dron no detecta el marcador?
 - ¿Qué diferencia hay entre avanzar y moverse a una coordenada?
-

6.7. Sensor ToF en Tello Talent

El sensor ToF permite detectar distancias cercanas y plantear actividades reactivas.

Actividad. Evitación simple de obstáculos

Objetivo: programar una respuesta ante un obstáculo.

Lógica conceptual:

```
si distancia < 50 cm:  
    detenerse  
si no:  
    avanzar
```

Contenidos

- sensor;
- condición;
- umbral;
- lectura de datos;
- toma de decisiones;
- seguridad;
- depuración.

Advertencia

El sensor ToF no sustituye a la supervisión humana. Debe utilizarse como recurso de aprendizaje, no como garantía absoluta de seguridad.

6.8. Introducción a visión artificial

En niveles universitarios puede trabajarse con la transmisión de vídeo del dron y herramientas como OpenCV.

Posibles proyectos

- detección de color;
- seguimiento de una marca;
- reconocimiento de patrones;
- lectura de formas;
- análisis de trayectoria;
- comparación entre imagen capturada y posición esperada.

Recomendación

Separar siempre las fases:

596. comprobar vuelo;
597. comprobar vídeo;
598. procesar imagen sin vuelo;
599. integrar control y visión en pruebas muy controladas.

6.9. Varios drones y enjambres

El trabajo con varios drones debe considerarse avanzado. Permite introducir sincronización, redes, coordinación y sistemas multiagente.

Requisitos mínimos

- espacio amplio;
- varios drones identificados;
- baterías cargadas;
- router dedicado si procede;
- observador por dron;
- trayectorias separadas;
- prueba individual previa;
- protocolo de emergencia.

Actividad avanzada

Diseñar un despegue coordinado de dos drones, mantener separación lateral y aterrizar.

Contenidos

- comunicación;
- sincronización;
- control distribuido;
- seguridad;
- planificación;
- trabajo en equipo.



Capítulo 7. Proyectos STEAM

7.1. Proyecto 1. Dron geometría

Nivel recomendado

Secundaria y Bachillerato.

Objetivo

Programar figuras geométricas y medir el error entre la trayectoria prevista y la trayectoria real.

Desarrollo

600. Elegir figura: cuadrado, triángulo o rectángulo.
601. Dibujar la trayectoria.
602. Calcular giros y distancias.
603. Programar.
604. Ejecutar.
605. Medir.
606. Corregir.
607. Presentar resultados.

Competencias

- matemática;
- digital;

- aprender a aprender;
 - trabajo en equipo.
-

7.2. Proyecto 2. Dron mensajero

Nivel recomendado

Secundaria.

Objetivo

Programar una trayectoria para que el dron llegue a una zona concreta y muestre un mensaje mediante LED o matriz, si se utiliza Tello Talent.

Desarrollo

608. Definir punto de salida y destino.
609. Programar trayectoria.
610. Diseñar mensaje.
611. Ejecutar.
612. Evaluar precisión.

Variante sin matriz LED

El dron puede fotografiar una marca o aterrizar en una zona señalada.

7.3. Proyecto 3. Dron explorador

Nivel recomendado

Bachillerato.

Objetivo

Simular una misión de reconocimiento en un espacio delimitado.

Desarrollo

613. Diseñar mapa del aula.
614. Establecer puntos de interés.
615. Programar ruta.
616. Capturar imágenes.
617. Documentar hallazgos.
618. Elaborar informe.

Contenidos

- orientación espacial;
- planificación;

- fotografía;
- privacidad;
- documentación técnica.

7.4. Proyecto 4. Dron con evitación de obstáculos

Nivel recomendado

Bachillerato avanzado o Universidad.

Objetivo

Utilizar sensor ToF o condiciones programadas para evitar colisión.

Desarrollo

619. Colocar obstáculo seguro.
620. Definir distancia umbral.
621. Programar avance.
622. Leer distancia.
623. Detener o retroceder.
624. Ajustar parámetros.
625. Analizar resultados.

7.5. Proyecto 5. Coreografía de drones

Nivel recomendado

Universidad o formación avanzada.

Objetivo

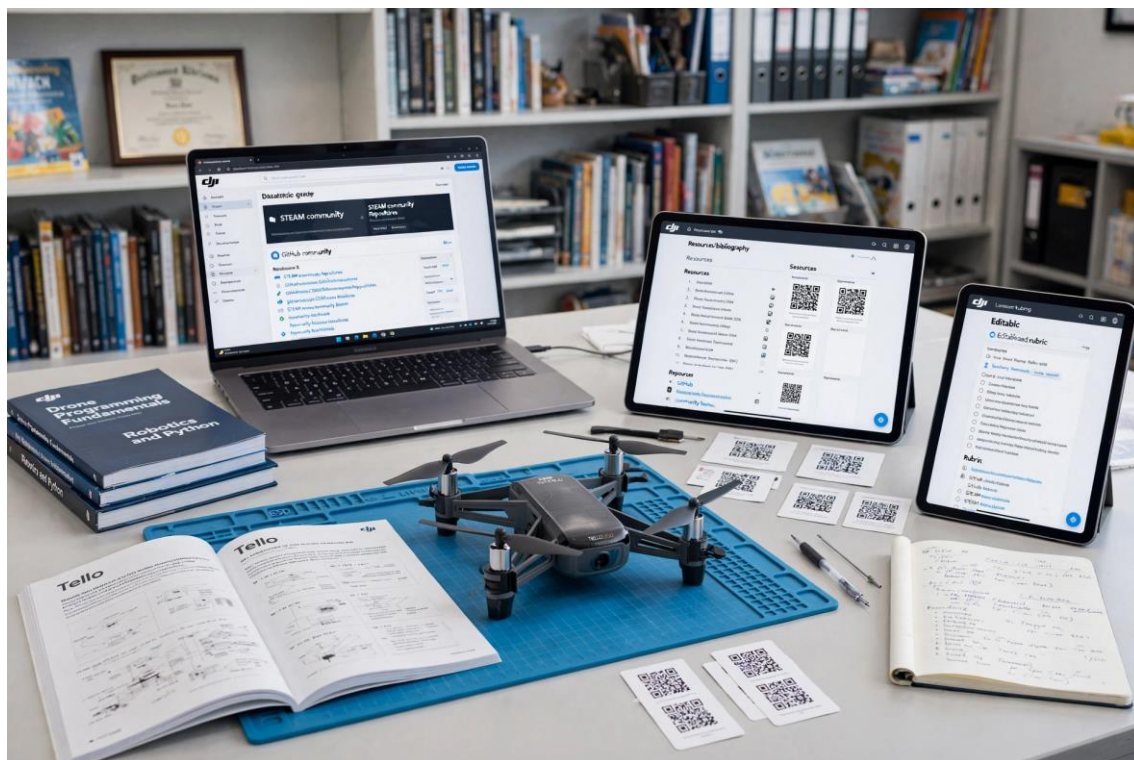
Diseñar una secuencia coordinada de movimientos y luces.

Desarrollo

626. Definir coreografía.
627. Dividir movimientos en fases.
628. Programar cada fase.
629. Probar drones individualmente.
630. Coordinar ejecución.
631. Registrar vídeo.
632. Analizar sincronización.

Precaución

Solo debe realizarse con espacio suficiente y supervisión estricta.



Capítulo 8. Actividades por niveles educativos

8.1. Educación Secundaria

En Secundaria se recomienda trabajar con actividades muy guiadas, visuales y de corta duración.

Actividades adecuadas

- identificación del dron;
- normas de seguridad;
- primer vuelo observado;
- programación por bloques;
- vuelo en línea recta;
- cuadrado programado;
- fotografía de una marca;
- medición de distancias;
- diseño de una figura sencilla.

Objetivos

- despertar interés por la tecnología;
- introducir programación;
- trabajar geometría;
- fomentar colaboración;
- aprender a documentar.

8.2. Bachillerato

En Bachillerato puede aumentarse la autonomía del alumnado y la profundidad técnica.

Actividades adecuadas

- programación de figuras;
- uso de bucles y condiciones;
- Mission Pads;
- lectura de batería;
- sensor ToF;
- análisis de error;
- proyectos integrados;
- documentación técnica.

Objetivos

- conectar programación y física;
 - aplicar matemáticas;
 - depurar programas;
 - diseñar soluciones;
 - presentar resultados.
-

8.3. Universidad

En Universidad el dron puede actuar como plataforma de prototipado.

Actividades adecuadas

- SDK y Python;
- telemetría;
- vídeo en tiempo real;
- OpenCV;
- Mission Pads avanzados;
- varios drones;
- control distribuido;
- proyectos de ingeniería;
- TFG o prácticas de laboratorio.

Objetivos

- aplicar programación avanzada;
- trabajar redes;
- analizar sensores;
- diseñar sistemas;

- documentar proyectos;
 - evaluar limitaciones reales.
-

8.4. Formación del profesorado

En formación docente, el objetivo principal no es solo aprender a usar el dron, sino aprender a llevarlo al aula de forma segura y didáctica.

Actividades recomendadas

- análisis de posibilidades curriculares;
 - diseño de una sesión;
 - adaptación a distintos niveles;
 - evaluación de riesgos;
 - creación de rúbricas;
 - diseño de una práctica propia;
 - simulación de aula;
 - análisis de incidencias.
-

Capítulo 9. Evaluación

9.1. Principios de evaluación

La evaluación no debe centrarse únicamente en si el dron ha volado correctamente. Debe valorar el proceso completo:

- planificación;
- seguridad;
- trabajo en equipo;
- programación;
- observación;
- análisis;
- corrección de errores;
- documentación;
- presentación.

El error debe formar parte de la evaluación como evidencia de aprendizaje. Un grupo que detecta un fallo, lo analiza y lo corrige está realizando un aprendizaje técnico valioso.

9.2. Rúbrica general

Criterio	Inicial	Adecuado	Avanzado
Seguridad	Necesita recordatorios	Respeto normas	Supervisa y ayuda
Planificación	Actúa sin ordenar pasos	Define secuencia básica	Anticipa riesgos y alternativas
Programación	Copia bloques o comandos	Diseña programa funcional	Optimiza y reutiliza código
Trabajo en equipo	Reparto desigual	Roles claros	Coordinación eficaz
Resolución de problemas	Se bloquea ante errores	Propone correcciones	Documenta y justifica cambios
Medición	Observa sin registrar	Mide resultados	Analiza desviaciones
Comunicación	Explica parcialmente	Presenta con claridad	Relaciona teoría y práctica
Responsabilidad	Usa el material con ayuda	Cuida el equipo	Detecta y comunica incidencias

9.3. Autoevaluación del alumnado

Cuestionario breve

- 633. ¿Qué objetivo tenía la práctica?
- 634. ¿Qué instrucciones ejecutó el dron?
- 635. ¿Qué salió como esperábamos?
- 636. ¿Qué no salió como esperábamos?
- 637. ¿Qué cambiaríamos en el siguiente intento?
- 638. ¿Qué norma de seguridad fue más importante?
- 639. ¿Qué aprendí sobre programación?
- 640. ¿Qué aprendí sobre trabajo en equipo?

9.4. Coevaluación

Cada grupo puede valorar el trabajo de otro grupo.

Aspecto observado	Comentario
¿La secuencia estaba clara?	
¿El grupo trabajó con seguridad?	
¿El programa tenía lógica?	
¿Explicaron bien los errores?	
¿Qué mejora se podría proponer?	

La coevaluación debe orientarse a la mejora, no a la crítica personal.

9.5. Evaluación del cuaderno de laboratorio

Se recomienda que cada grupo mantenga un cuaderno o ficha de práctica.

Debe incluir:

- fecha;
 - integrantes;
 - objetivo;
 - material usado;
 - programa o secuencia;
 - dibujo de trayectoria;
 - resultados;
 - errores;
 - correcciones;
 - conclusión.
-

Capítulo 10. Proyectos completos

10.1. Proyecto completo 1. Vuelo geométrico programado

Nivel

Secundaria.

Duración

Una o dos sesiones.

Objetivo

Programar el dron para recorrer una figura geométrica sencilla.

Materiales

- Tello EDU o Tello Talent;
- dispositivo con app de programación;
- cinta para marcar suelo;
- cinta métrica;
- ficha de trabajo.

Desarrollo

641. Presentación del reto.

- 642. Dibujo de la figura.
- 643. Cálculo de lados y ángulos.
- 644. Programación por bloques.
- 645. Ejecución.
- 646. Medición.
- 647. Corrección.
- 648. Presentación.

Producto final

Ficha con trayectoria, programa y reflexión.

10.2. Proyecto completo 2. Detección de obstáculos

Nivel

Bachillerato.

Duración

Dos sesiones.

Objetivo

Programar una respuesta ante un obstáculo utilizando distancia o condiciones de control.

Desarrollo

- 649. Explicar sensor de distancia.
- 650. Definir umbral.
- 651. Programar avance.
- 652. Comprobar lectura.
- 653. Ejecutar prueba.
- 654. Ajustar umbral.
- 655. Documentar resultados.

Producto final

Informe, breve, con capturas del código, tabla de pruebas y conclusión.

10.3. Proyecto completo 3. Navegación con Mission Pads

Nivel

Bachillerato avanzado o Universidad.

Duración

Dos o tres sesiones.

Objetivo

Utilizar un Mission Pad como referencia espacial.

Desarrollo

656. Presentar coordenadas.
657. Colocar Mission Pad.
658. Activar detección.
659. Probar reconocimiento.
660. Programar desplazamiento.
661. Analizar errores.
662. Ajustar condiciones de luz y altura.
663. Presentar resultados.

Producto final

Mapa de coordenadas y explicación del sistema de referencia.

10.4. Proyecto completo 4. Mini enjambre educativo

Nivel

Universidad.

Duración

Tres o más sesiones.

Objetivo

Coordinar dos drones en una secuencia sencilla.

Desarrollo

664. Identificar drones.
665. Probar cada uno por separado.
666. Configurar red.
667. Programar despegue secuenciado.
668. Definir trayectorias separadas.
669. Ejecutar prueba corta.
670. Analizar sincronización.
671. Mejorar código.
672. Presentar vídeo e informe.

Producto final

Demostración controlada y memoria técnica.

Anexos

Anexo I. Ficha de diseño de actividad

Campo	Información
	Título de la actividad
	Nivel educativo
	Duración
	Objetivos
	Competencias
	Materiales
	Espacio necesario
	Normas de seguridad
	Desarrollo paso a paso
	Producto final
	Criterios de evaluación
	Posibles ampliaciones

Anexo II. Ficha de práctica del alumnado

Campo	Respuesta
	Nombre del grupo
	Integrantes
	Fecha
	Objetivo de la práctica
	Programa o secuencia
	Dibujo de la trayectoria
	Resultado esperado
	Resultado real
	Error observado
	Corrección realizada
	Conclusión

Anexo III. Checklist didáctico del docente

Pregunta	Sí/No
¿La actividad tiene objetivo claro?	☐
¿El nivel es adecuado para el grupo?	☐
¿El espacio está reservado?	☐
¿Las baterías están cargadas?	☐
¿El material está revisado?	☐
¿La zona de vuelo está delimitada?	☐
¿Los roles están definidos?	☐
¿La seguridad está explicada?	☐
¿La actividad ha sido probada antes?	☐
¿Existe plan de emergencia?	☐
¿Hay instrumento de evaluación?	☐
¿Se prevé reflexión final?	☐

Anexo IV. Rúbrica breve para actividades con drones

Criterio	1	2	3
Seguridad	No respeta normas	Respeta con ayuda	Respeta y ayuda
Programación	Secuencia incompleta	Secuencia funcional	Secuencia optimizada
Trabajo en equipo	Poco coordinado	Coordinado	Muy organizado
Resolución de errores	No identifica fallos	Corrige algunos	Analiza y documenta
Resultado	No alcanza objetivo	Alcanza parcialmente	Alcanza y mejora
Explicación	Confusa	Clara	Clara y fundamentada

Anexo V. Glosario didáctico

Término	Definición sencilla
Algoritmo	Conjunto ordenado de pasos para resolver una tarea
Bucle	Instrucción que repite una acción varias veces
Condición	Regla que decide qué hacer según una situación
Coordenada	Valor que indica una posición en el espacio
Depuración	Proceso de encontrar y corregir errores
Dron	Vehículo aéreo no tripulado

Término	Definición sencilla
Hélice	Elemento giratorio que genera sustentación
Mission Pad	Marcador visual usado como referencia espacial
SDK	Conjunto de herramientas para programar el dron
Sensor	Dispositivo que mide información del entorno
ToF	Sensor que estima distancia mediante tiempo de vuelo
Trayectoria	Camino seguido por el dron
Vuelo estacionario	Mantener el dron en una posición aproximada

Cierre de la II Parte

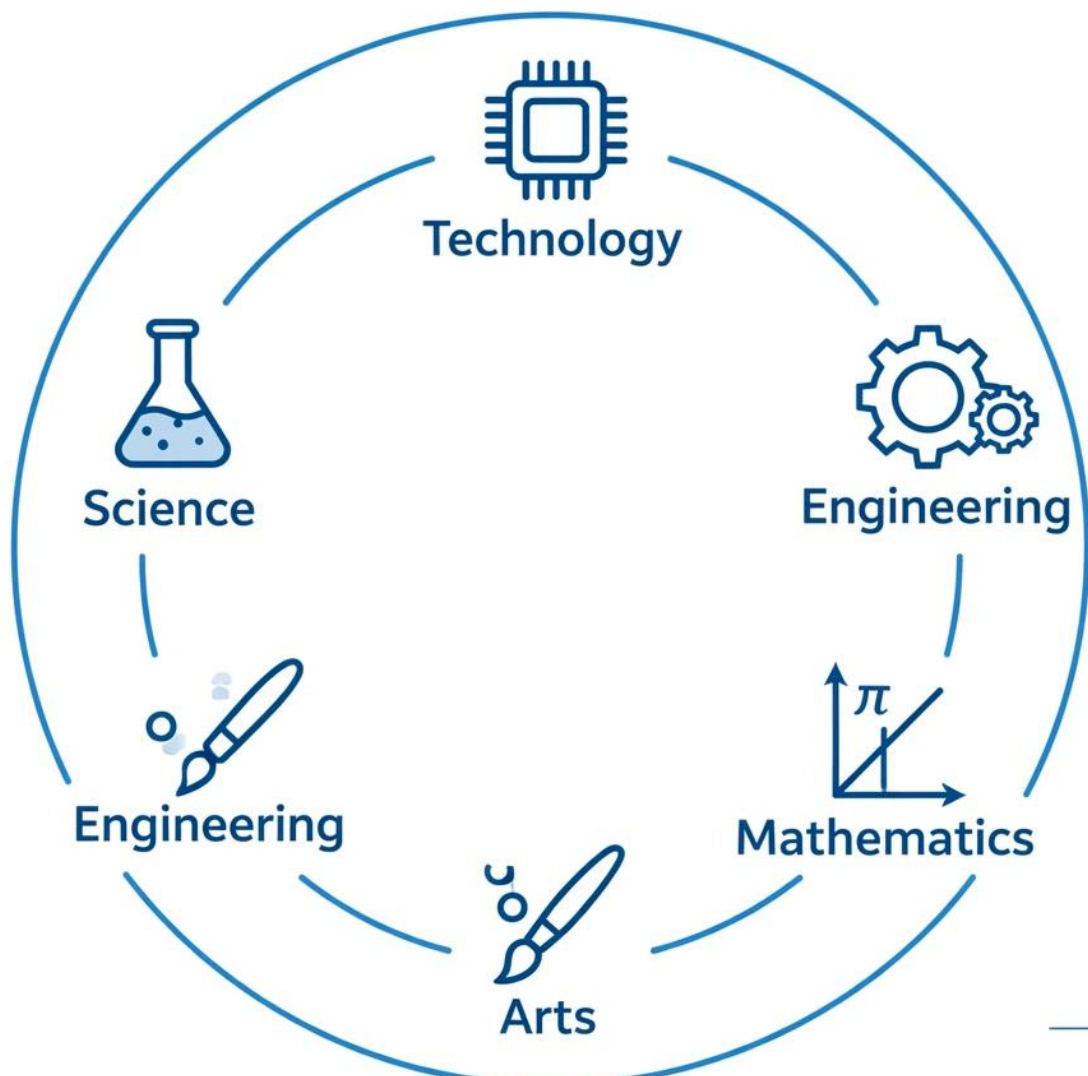
El uso educativo del DJI Tello, Tello EDU y RoboMaster Tello Talent permite construir experiencias de aprendizaje activas, motivadoras y competenciales. Sin embargo, su verdadero valor es el propio proceso educativo que lo integra: planificar, programar, medir, observar, corregir, documentar y explicar.

Esta guía propone una progresión didáctica, con prudencia, por lo que es necesario comenzar por la seguridad y la identificación del equipo, avanzar hacia el pilotaje básico, introducir la programación visual, incorporar progresivamente bucles, condiciones, sensores, Mission Pads y proyectos STEAM, y finalizar con actividades evaluables adaptadas a distintos niveles educativos.

El dron educativo debe entenderse como una herramienta para pensar. Cada vuelo es una hipótesis; cada error es una fuente de información; cada corrección es una mejora; y cada proyecto es una oportunidad de aprendizaje que conecta tecnología, ciencia, creatividad y responsabilidad.

Con una planificación adecuada al alumnado, los drones educativos pueden convertirse en un recurso muy valioso para acercar al alumnado a la robótica, la programación y la ingeniería de una manera accesible, segura y significativa. El uso de drones promueve la consolidación del proceso de enseñanza aprendizaje de alumnado que conllevan la adquisición y desarrollo de diferentes competencias y puede ser una herramienta para el profesorado que desea innovar y acercar ciertos contenidos, de diferentes materias, a la práctica educativa de una manera más comprensible para la diversidad de alumnado.

DIN A4





APRENDER A VOLAR UN DRON ES SOLO EL PRINCIPIO

DJI Tello es la solución perfecta para principiantes. Con su excepcional cámara avanzada y una autonomía de vuelo notable, este mini dron ofrece una calidad de imagen increíble para pilotos de nivel de entrada que buscan facilidad de uso a un precio accesible.

