



MANUAL DE ESTUDIO • INTEGRACIÓN DE PILOTOS

CURSO DE CAPACITACIÓN • NIVEL 1

# VUELO GENERAL DE RPAS

Guía de estudio para operar la aeronave de línea profesional de DronOps con seguridad, criterio y apego a la norma, desde la preparación en gabinete hasta la entrega del dato.

AERONAVE DE  
REFERENCIA

**DJI Matrice 4T**

CONTROL REMOTO

**DJI RC Plus 2  
Enterprise**

CURSO PRESENCIAL

**8 h • 30/70**

VERSIÓN

**1.0 • Sep 2026**

**Prerrequisito obligatorio** de las cuatro especialidades de Nivel 2: Seguridad, Industrial, Mapeo y Agro.  
Documento de uso interno para el personal operativo de DronOps.

CONTENIDO

ÍNDICE

|    |                                                                                                |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| —  | <b>Cómo usar este manual</b>                                                                   | 04 |
|    | Objetivos, ruta de formación y reglas de oro del piloto DronOps                                |    |
| 01 | <b>Marco normativo en México</b>                                                               | 05 |
|    | RPAS, categorías, autoridades, NOM-107-SCT3-2019, registro, operaciones especiales y seguros   |    |
| 02 | <b>El ecosistema DJI</b>                                                                       | 14 |
|    | Consumo frente a Enterprise, cargas útiles, redundancia, RTK, térmica y automatización         |    |
| 03 | <b>Tu equipo de vuelo: DJI Matrice 4T</b>                                                      | 18 |
|    | Anatomía, cámaras, RC Plus 2, baterías, sensores, GNSS y modos de vuelo                        |    |
| 04 | <b>Preparación de la operación</b>                                                             | 26 |
|    | Gabinete, activación, inspección del sitio, meteorología, riesgos y punto de despegue          |    |
| 05 | <b>Operación de vuelo</b>                                                                      | 32 |
|    | Preflight en DJI Pilot 2, captura, RPO seguro, controles en modo 2 y contingencias             |    |
| 06 | <b>Práctica en campo</b>                                                                       | 39 |
|    | Preparación del participante, cuatro circuitos y criterios de aprobación                       |    |
| 07 | <b>Después de volar</b>                                                                        | 43 |
|    | Cierre, bitácora, respaldo en 24 h, nomenclatura y entregables                                 |    |
| A  | <b>Anexos</b>                                                                                  | 47 |
|    | Checklists imprimibles, tarjeta de contingencias, bitácora, glosario, respuestas y referencias |    |

CONTROL DEL DOCUMENTO

|                        |                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| Documento              | Manual de estudio Nivel 1 · Vuelo general de RPAS   |
| Versión / fecha        | 1.0 · 23 de septiembre de 2026                      |
| Base curricular        | Temario DronOps «Vuelo general de RPAS», Nivel 1    |
| Aeronave de referencia | DJI Matrice 4T con DJI RC Plus 2 Enterprise         |
| Clasificación          | Uso interno · Personal operativo DronOps            |
| Revisión recomendada   | Cada 12 meses o ante cambio normativo o de firmware |

# CÓMO USAR ESTE MANUAL

Este manual acompaña el curso presencial de Nivel 1 y funciona como material de consulta permanente. Explica **qué** se hace en cada etapa de una operación DronOps y también **por qué** se hace así. Con eso, cuando algo salga del guion en campo, vas a poder decidir con criterio.

|                                                    |                                          |                                             |                                                            |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <div>8 h</div> <div>CURSO PRESENCIAL · 1 DÍA</div> | <div>30%</div> <div>TEORÍA EN AULA</div> | <div>70%</div> <div>PRÁCTICA EN CAMPO</div> | <div>DC-3</div> <div>CONSTANCIA CON VALOR CURRICULAR</div> |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|

## Cómo está organizado

Los siete módulos siguen el orden real de una operación: primero el marco legal que la hace posible, luego el equipo, la preparación, el vuelo, la práctica y, al final, el manejo del dato. Cada módulo abre con un encabezado de temas y cierra con **puntos clave** y una **autoevaluación** (el 06 cierra con la evaluación práctica). Las respuestas están en el Anexo E.

## Cómo estudiarlo

- Lee los módulos 01 a 05 **antes** del día de curso. El aula se usa para resolver dudas, no para leer diapositivas.
- Imprime los checklists del Anexo A y úsalos en todas tus prácticas hasta que se vuelvan hábito. Aun entonces, síguelos.
- Si tienes acceso al DJI Flight Simulator u otro simulador, practica ahí los circuitos del módulo 06.

## Al terminar el Nivel 1 serás capaz de

- 01 Identificar el marco legal aplicable y los trámites que deben estar en regla antes de operar.
- 02 Ejecutar el procedimiento operativo estándar completo, de la preparación al respaldo de datos.
- 03 Evaluar los riesgos en sitio y definir un punto de despegue seguro.
- 04 Completar los circuitos de práctica recuperando la orientación de la aeronave.
- 05 Reaccionar correctamente ante pérdida de señal, batería crítica y obstáculo imprevisto.

## ruta de formación dronops

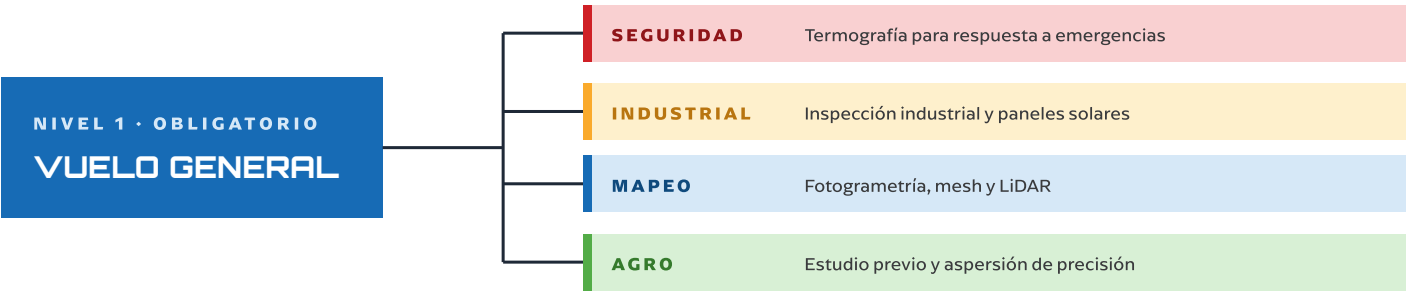


FIG. 0.1 · EL NIVEL 1 ES LA BASE COMÚN DE LAS CUATRO ESPECIALIDADES DE NIVEL 2

## LAS DIEZ REGLAS DE ORO DEL PILOTO DRONOPS

- 01 **Si no es seguro, no se vuela.** Nadie en DronOps te va a reclamar por abortar un vuelo con fundamento.
- 02 **El checklist no se memoriza, se ejecuta.** En voz alta y con el observador.
- 03 **Línea de vista siempre,** salvo una autorización específica de la autoridad.
- 04 **Las aeronaves tripuladas tienen el paso.** Siempre y sin excepción.
- 05 **Planea el regreso antes de despegar:** altitud de RPO, punto de origen y reserva de batería.
- 06 **Aterriza con reserva.** La norma pide energía para 5 minutos más de lo previsto. En DronOps se aterriza antes del aviso de batería baja.
- 07 **Conoce tu aeronave mejor que la app.** Las ayudas automáticas tienen límites y deben estar claros para ti.
- 08 **Cero alcohol, cero prisa, cero fatiga.** El factor humano está detrás de la mayoría de los incidentes.
- 09 **El dato del cliente es confidencial** y se respalda en menos de 24 horas.
- 10 **Todo vuelo se registra.** Lo que no está en la bitácora no ocurrió.

### SOBRE LAS FUENTES Y LO QUE FALTA VALIDAR

Las cifras normativas provienen del texto oficial de la **NOM-107-SCT3-2019** (DOF, 14 de noviembre de 2019) y de la página de RPAS de la **AFAC**. Las cifras del equipo provienen de la ficha técnica y del **Manual de usuario v1.2 de la serie DJI Matrice 4**. Los puntos marcados **POR VALIDAR** son propuestas de este manual o políticas que la dirección de operaciones de DronOps debe confirmar antes de publicarlas como estándar.



MÓDULO 01 · MARCO NORMATIVO

# MARCO NORMATIVO EN MÉXICO

Antes de encender el primer motor, un piloto profesional sabe bajo qué reglas vuela, quién es la autoridad y qué documentos deben estar en regla. Este módulo te da el mapa legal de la operación de RPAS en México y aterriza cada regla en la operación cotidiana de DronOps.

- Qué es un RPAS y categorías por peso máximo de despegue
- Autoridad aplicable: Ley de Aviación Civil, SICT y AFAC
- NOM-107-SCT3-2019: límites operativos
- Licencia de piloto y registro de aeronave (Apéndice K)
- VLOS, BVLOS y vuelo nocturno: cuándo se requiere autorización
- Seguros de responsabilidad civil

## 1.1 QUÉ ES UN RPAS

En el lenguaje cotidiano decimos «dron». En el lenguaje técnico y legal hablamos de **RPAS**: *Remotely Piloted Aircraft System*, o Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia. El término importa porque la norma regula el **sistema completo** y no solo el aparato que vuela.

La NOM-107-SCT3-2019 define el RPAS como la aeronave pilotada a distancia, su estación o estaciones de pilotaje, los enlaces de mando y control, y cualquier otro componente necesario para operarla. En nuestro caso, el sistema completo lo forman:

- **RPA** (la aeronave): el DJI Matrice 4T con su cámara y sus sensores.
- **Estación de control**: el control remoto DJI RC Plus 2 Enterprise con la aplicación DJI Pilot 2.
- **Enlace de mando y control**: la transmisión O4 Enterprise y, si se usa, la transmisión mejorada 4G.
- **Personas**: el piloto al mando y, cuando aplique, el observador.

La norma distingue el RPAS de otras aeronaves no tripuladas. Los **aero-modelos** son de uso exclusivamente recreativo. Las **aeronaves autónomas** no permiten que el piloto intervenga en la gestión del vuelo. Las misiones automáticas del Matrice 4T no convierten al equipo en aeronave autónoma, porque **el piloto conserva siempre la capacidad y la obligación de intervenir**.

### Términos que usarás a diario

**MTOW**: peso máximo de despegue, con batería, estabilizador, cámara y sensores. Es el dato que define la categoría.

**VLOS**: operación dentro de la línea de vista del piloto.

**BVLOS**: operación más allá de la línea de vista.

**Altura**: distancia vertical al suelo. **Altitud**: distancia vertical al nivel medio del mar. La NOM limita la **altura**.

**Operador**: persona física o moral propietaria o poseedora del RPAS. En nuestro caso es DronOps.

## 1.2 CATEGORÍAS POR PESO Y POR USO

La NOM clasifica cada RPAS con dos criterios: su **peso máximo de despegue** y el **uso** que se le da. La combinación de ambos determina qué numerales de la norma debes cumplir.

| CATEGORÍA           | PESO MÁXIMO DE DESPEGUE    | RECREATIVO       | PRIVADO NO COMERCIAL O COMERCIAL |
|---------------------|----------------------------|------------------|----------------------------------|
| <b>RPAS Micro</b>   | Igual o menor a 2 kg       | 4.10, 4.11 y 5.1 | 4.10, 4.11, 5.1, 5.2 y 8*        |
| <b>RPAS Pequeño</b> | Mayor a 2 kg y hasta 25 kg | 4.10, 4.11 y 6.1 | 4.10, 4.11, 6.2 y 8*             |
| <b>RPAS Grande</b>  | Mayor a 25 kg              | 4.10, 4.11 y 7.1 | 4.10, 4.11, 7.2 y 8*             |

\* El numeral 8 aplica solo cuando se requieren operaciones especiales: vuelo nocturno, cerca de aeródromos, operaciones restringidas o en espacio aéreo controlado. Fuente: NOM-107-SCT3-2019, numeral 4.9.1.

### ¿DÓNDE CAE EL MATRICE 4T?

El Matrice 4T pesa **1,219 g** al despegue y tiene un **peso máximo de despegue de 1,420 g** con hélices estándar. Ambos valores están por debajo de 2 kg, así que es un **RPAS Micro**. Como DronOps presta servicios con fines de lucro, el uso es **comercial**. Nuestra operación estándar se rige, por lo tanto, por los numerales **4.10, 4.11, 5.1 y 5.2**, y por el **8** cuando se requiera una operación especial.

## 1.3 QUIÉN REGULA

La aviación civil en México, incluida la operación de RPAS, se articula en tres niveles: una **ley**, una **dependencia federal** y una **autoridad técnica** que emite y vigila las reglas.

### LEY

#### Ley de Aviación Civil

Es el marco general. Establece, entre otras cosas, la obligación de contar con un seguro de responsabilidad civil por daños a terceros (artículo 72) y la base del Registro Aeronáutico Mexicano.

### DEPENDENCIA

#### SICT

La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Es la antigua SCT: el texto de la NOM, publicado en 2019, todavía la llama «Secretaría de Comunicaciones y Transportes».

### AUTORIDAD AERONÁUTICA

#### AFAC

La Agencia Federal de Aviación Civil, órgano de la SICT que asumió las funciones de la antigua DGAC. Registra los RPAS, emite autorizaciones y vigila el cumplimiento. Cuando la NOM dice «SCT/DGAC», hoy léelo como **SICT/AFAC**.

Hay otras instituciones que también pueden intervenir según la operación: el **INEGI**, cuando se captan imágenes aéreas con cámaras métricas o por percepción remota; la **SEDENA**, en investigación científica; y los **Servicios de Tránsito Aéreo**, en espacio aéreo controlado. Además, las autoridades locales pueden fijar restricciones propias, por ejemplo en parques, zonas urbanas o eventos.

#### VIGENCIA NORMATIVA

A septiembre de 2026, la **NOM-107-SCT3-2019** sigue siendo la norma vigente para RPAS en México y la AFAC la complementa con circulares obligatorias y procedimientos administrativos. La regulación aeronáutica cambia: antes de cada ciclo de capacitación, confirma en **gob.mx/afac** que no haya una nueva versión de la NOM ni circulares que modifiquen lo aquí descrito. **POR VALIDAR EN CADA REVISIÓN**

## 1.4 NOM-107-SCT3-2019: REGLAS QUE APLICAN A TODO VUELO

El numeral 4.10 contiene los requerimientos generales de operación. Aplican a **cualquier** RPAS, sin importar su peso o uso. Estas reglas son la base de nuestro procedimiento operativo:

| NUM.     | REGLA                                                                                                                            | CÓMO SE APLICA EN DRONOPS                                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.10.1   | Operar a por lo menos <b>9.2 km (5 MN) de cualquier aeródromo</b> .                                                              | Se verifica en la base de datos de aeródromos de la AFAC y en el mapa GEO durante la inspección previa.        |
| 4.10.2   | Operar a por lo menos <b>0.9 km (0.5 MN) de cualquier helipuerto</b> .                                                           | Ojo con los hospitales y los edificios corporativos: muchos tienen helipuerto.                                 |
| 4.10.3   | No dejar caer ni arrojar objetos que puedan causar daño.                                                                         | Aplica también en aspersión agrícola, que se trata en su especialidad y requiere autorización.                 |
| 4.10.4   | No operar si el vuelo no puede hacerse de manera segura. Se determina en una <b>inspección de prevuelo</b> (Apéndice E).         | Es la razón de ser de los checklists de los módulos 04 y 05.                                                   |
| 4.10.5–6 | No operar en áreas <b>prohibidas, restringidas o peligrosas</b> (PIA/AIP, ENR 5.1) y verificar los <b>NOTAM</b> antes de operar. | Forma parte de la inspección previa del sitio.                                                                 |
| 4.10.8–9 | Mantener el control de la trayectoria en todo momento y no operar de forma negligente o temeraria.                               | No se hacen maniobras de exhibición ni vuelos fuera del plan.                                                  |
| 4.10.10  | Operar <b>entre la salida y la puesta del sol</b> , salvo autorización para vuelo nocturno.                                      | Se consulta la hora de puesta del sol del día y del sitio.                                                     |
| 4.10.11  | Dar <b>siempre el derecho de paso</b> a cualquier aeronave tripulada.                                                            | Si se escucha o se ve un helicóptero o una avioneta, se desciende y se mantiene la aeronave baja y a la vista. |
| 4.10.12  | No operar desde <b>vehículos en movimiento</b> , salvo sobre agua cuando sea indispensable.                                      | Se despega y se aterriza siempre desde un punto fijo.                                                          |
| 4.10.13  | Reportar accidentes, incidentes o daños a terceros en <b>no más de 5 días</b> (Apéndice M).                                      | El reporte interno a la dirección de operaciones se hace de inmediato.<br><b>POR VALIDAR</b>                   |
| 4.10.14  | No operar <b>más de una RPA al mismo tiempo</b> .                                                                                | Un piloto opera una sola aeronave.                                                                             |
| 4.10.17  | Cumplir con el mantenimiento y las instrucciones de aeronavegabilidad del fabricante.                                            | Incluye firmware, hélices, límites de ciclos de batería y registro en bitácora.                                |

| NUM.   | REGLA                                                                                            | CÓMO SE APLICA EN DRONOPS                                    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 4.11.4 | No operar en estado de ebriedad o bajo el efecto de estupefacientes, psicotrópicos o enervantes. | Tolerancia cero. Ver el autochequeo IM-SAFE en el módulo 04. |

## 1.5 LÍMITES OPERATIVOS DEL RPAS MICRO

Además de las reglas generales, el numeral 5.1 fija los **límites físicos** de la operación del RPAS Micro. El numeral 5.2 los hace aplicables al uso comercial y agrega los requisitos documentales. Estos son los números que un piloto DronOps debe saber de memoria.

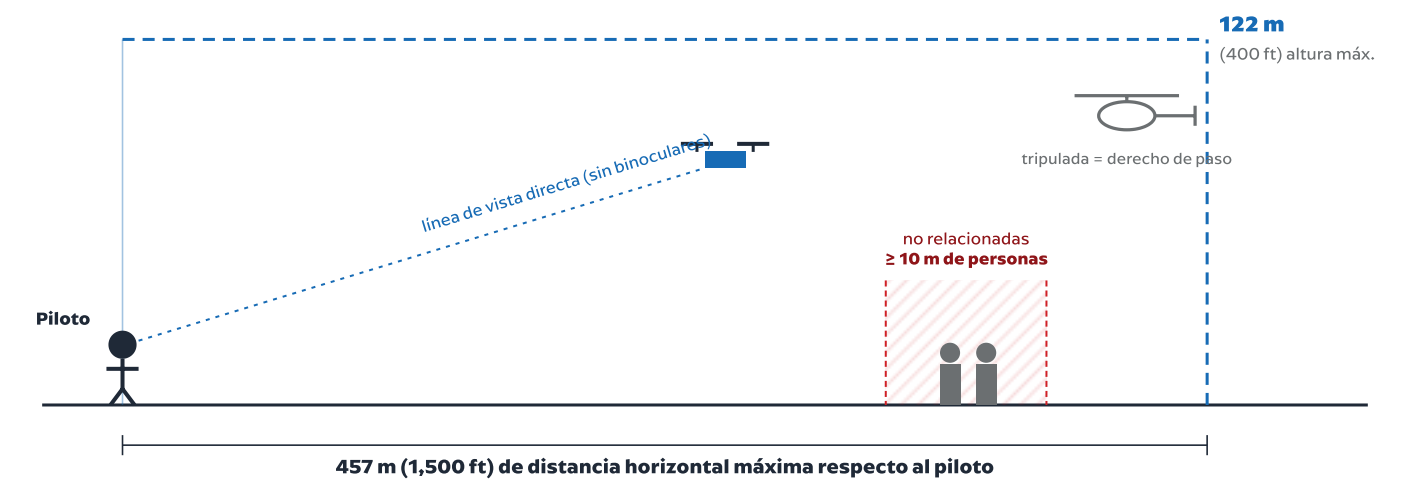


FIG. 1.1 · ENVOLVENTE DE OPERACIÓN ESTÁNDAR DE UN RPAS MICRO COMERCIAL (NOM-107, NUMERALES 5.1 Y 5.2)

| LÍMITE                                                                | VALOR                                |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Altura máxima                                                         | 122 m (400 ft)                       |
| Distancia horizontal máxima al piloto                                 | 457 m (1,500 ft)                     |
| Altura máxima entre 9.2 y 18.5 km de aeródromos listados (Apéndice I) | 100 m (328 ft)                       |
| Distancia a personas no relacionadas                                  | ≥ 10 m (32 ft)                       |
| Velocidad                                                             | La máxima del fabricante             |
| Horario                                                               | Salida a puesta del sol              |
| Contacto visual                                                       | Directo, solo con lentes correctivos |

### Detalles que se olvidan con facilidad

- **No se vuela sobre personas**, salvo las que participan en la operación o las que están bajo una estructura que las proteja razonablemente en caso de desplome.
- **No se vuela en los corredores de helicópteros** publicados en las cartas visuales del PIA.
- La línea de vista debe ser **directa**. No valen binoculares ni la pantalla del control: la cámara del dron **no cuenta** como línea de vista.
- La NOM exige que el equipo tenga un software que limite automáticamente la distancia y la altura. En el M4T se configuran en DJI Pilot 2 y **deben ajustarse a 122 m y 457 m o menos** en cada operación.

## 1.6 DISTANCIAS A AERÓDROMOS Y HELIPUERTOS

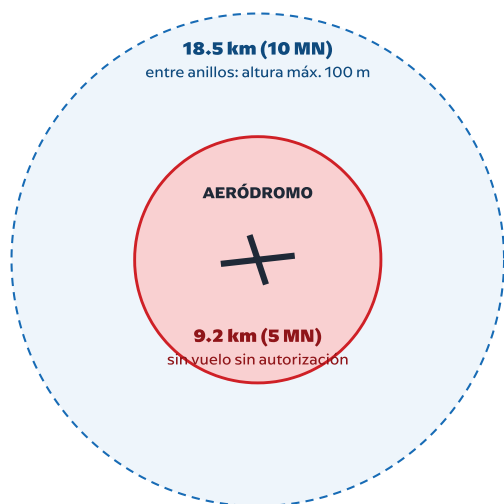


FIG. 1.2 · ANILLOS ALREDEDOR DE AERÓDROMOS

La distancia a aeródromos es una de las causas más comunes de incumplimiento involuntario, sobre todo en la Zona Metropolitana de Guadalajara, donde hay aeropuerto internacional, bases aéreas, pistas privadas y numerosos helipuertos.

- **Aeródromos:** se consideran los del Apéndice I de la NOM y todos los de la **Base de datos de Aeródromos y Helipuertos** publicada por la autoridad con estatus «vigente».
- **Helipuertos:** 0.9 km (0.5 MN) de separación mínima.
- Operar **dentro** de estos radios requiere una **autorización para operaciones especiales** (numeral 8.2). Incluso con ella hay topes de altura: 30 m entre 3.7 y 5.6 km, 50 m entre 5.6 y 7.4 km y 75 m entre 7.4 y 9.2 km. **Dentro de 3.7 km de un aeródromo y de 0.2 km de un helipuerto la operación está prohibida.**

### EL MAPA GEO DE DJI NO SUSTITUYE A LA NORMA

DJI Pilot 2 muestra zonas GEO (restringidas, de autorización, de advertencia y de altitud) y puede impedir el despegue. Es una ayuda valiosa, pero **no refleja con exactitud la regulación mexicana**: que la app te deje despegar no significa que el vuelo sea legal. La verificación contra la base de datos oficial es obligatoria.

## 1.7 REGISTRO, LICENCIA Y DOCUMENTOS

### Registro de la aeronave: Apéndice K

Todo RPAS con peso máximo de despegue mayor a 250 g debe tener **folio de registro** ante la autoridad aeronáutica **antes de operar** (numerales 5.1.1 a y 15.3). El trámite lo hace el **operador**, es decir, DronOps como persona moral, y no cada piloto. Según el procedimiento publicado por la AFAC, se hace así:

- 01 Llenar el formulario **Apéndice «K» Normativo, «Registro de RPAS por el Operador de RPAS»**, firmado de forma autógrafa por el operador con su RFC.
- 02 Digitalizar la **factura** o el documento que acredite la propiedad o posesión del equipo.
- 03 Adjuntar la **identificación oficial** vigente y, en el caso de personas morales, el **acta constitutiva** y el **poder notarial** del representante.
- 04 Enviar la documentación al correo de RPAS de la AFAC (**rpas@afac.gob.mx**, según la página vigente de la AFAC). La respuesta llega en un plazo aproximado de **10 días hábiles**.

Cada aeronave tiene su propio folio. Si DronOps adquiere otro Matrice 4T o vende uno, el registro se da de alta o se cancela por el mismo procedimiento.

### ¿Necesito licencia para volar el Matrice 4T?

Es la pregunta más frecuente y la respuesta tiene matices. Según el texto de la NOM-107:

| SITUACIÓN                                            | QUÉ EXIGE LA NOM AL PILOTO                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RPAS Micro, uso comercial, operación estándar</b> | No exige licencia ni autorización de piloto. Sí exige el folio de registro de la aeronave, el seguro de responsabilidad civil y el cumplimiento de todos los límites.                                                                                                                               |
| <b>RPAS Micro en operación especial</b>              | Vuelo nocturno, BVLOS, sobre personas, desde vehículo en movimiento, cerca de aeródromos o en espacio aéreo controlado: el piloto debe contar con <b>autorización de piloto de RPAS Pequeño</b> con la capacidad correspondiente, y la aeronave, con la <b>autorización de operación</b> aplicable. |
| <b>RPAS Pequeño (2–25 kg)</b>                        | Autorización de piloto conforme al Apéndice C: 18 años cumplidos, constancia de aptitud psicofísica, curso en centro de instrucción reconocido, exámenes y un mínimo de 13 h de vuelo registradas.                                                                                                  |
| <b>RPAS Grande (&gt; 25 kg)</b>                      | Licencia de piloto de RPAS, certificado de matrícula y aeronavegabilidad, entre otros requisitos.                                                                                                                                                                                                   |

#### POLÍTICA DRONOPS

Que la ley no exija una licencia no significa que cualquiera pueda volar. En DronOps, **solo opera un equipo del cliente o de la empresa quien haya aprobado el Nivel 1**, y las operaciones especiales solo se planean cuando el piloto y la aeronave tienen las autorizaciones que exige el numeral 8. Buena parte de nuestros clientes industriales, además, solicitan evidencia de capacitación: la constancia DC-3 del curso responde a esa necesidad. **POR VALIDAR**

### Documentos que deben estar en la estación de control

Durante una operación comercial con RPAS Micro, la NOM (numeral 5.2.1 b) exige tener disponibles, en copia simple, los siguientes documentos para mostrarlos a la autoridad que los solicite. En DronOps se llevan en la carpeta del equipo y en formato digital en el control remoto.

#### DOCUMENTO 1

##### Folio de registro del RPAS

Emitido por la autoridad aeronáutica para ese número de serie.

#### DOCUMENTO 2

##### Póliza de seguro vigente

Responsabilidad civil por daños a terceros.

#### DOCUMENTO 3 · SI APLICA

##### Autorización del INEGI

Para fotografía aérea con cámaras métricas o de reconocimiento y otras imágenes por percepción remota.

#### MAPEO E INEGI

El numeral 5.2.1 c remite a los artículos 60 y 61 de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. La dirección de operaciones debe definir en qué tipos de levantamiento (ortomosaicos, modelos, cartografía) aplica esta autorización y cómo se gestiona. **POR VALIDAR**

## 1.8 VLOS, BVLOS Y OPERACIONES ESPECIALES

La operación estándar de DronOps es **VLOS, diurna y fuera de los radios de aeródromos**. Todo lo que salga de ese marco es una **operación especial** (numeral 8) y requiere una **autorización por única ocasión** de la autoridad aeronáutica, solicitada con anticipación y con soporte documental.

| OPERACIÓN                                                                                                                             | REQUISITOS ADICIONALES PARA RPAS MICRO                                                                                                                                                                                                                          | REFERENCIA                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Vuelo nocturno</b>                                                                                                                 | Autorización de operación de RPAS Pequeño, autorización de piloto con capacidad para vuelo nocturno, luces de posición instaladas, procedimientos nocturnos en el manual de operación aprobado y estudio de seguridad y riesgos.                                | 8.1 · Apéndices F y G       |
| <b>Cerca de aeródromos o helipuertos</b>                                                                                              | Autorización de operación de RPAS Pequeño, procedimientos específicos en el manual aprobado y estudio de riesgos, con las alturas máximas por anillo.                                                                                                           | 8.2 · Apéndices F y G       |
| <b>Operaciones restringidas: BVLOS, sobre personas, desde vehículo en movimiento, múltiples RPAS, exceder velocidad o visibilidad</b> | Autorización de operación de RPAS Pequeño, autorización de piloto de RPAS Pequeño con capacidad para la operación, información general del RPAS (Apéndice A), procedimientos en el manual aprobado, estudio de riesgos y estudio para operaciones restringidas. | 8.3 · Apéndices A, F, G y N |
| <b>Espacio aéreo controlado</b>                                                                                                       | Autorización de operación de RPAS Grande, aprobación o certificado de tipo, procedimientos en el manual y coordinación del plan de vuelo con los Servicios de Tránsito Aéreo antes de <b>cada</b> operación.                                                    | 8.4                         |

#### LO QUE EL MATRICE 4T PUEDE HACER Y LO QUE LA LEY PERMITE

El equipo tiene un alcance de transmisión de varios kilómetros, cámara térmica para operar de noche y baliza. **Que la aeronave pueda hacerlo no significa que esté autorizado.** Las capacidades técnicas nunca sustituyen una autorización.

#### OBSERVADOR

En VLOS, un observador ayuda a vigilar el tránsito aéreo, a las personas y los obstáculos, pero **no sustituye la línea de vista del piloto**. Su papel se detalla en el módulo 04.

## 1.9 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

Para uso comercial, la NOM exige una **póliza de seguro de responsabilidad civil vigente por daños a terceros**, conforme al artículo 72 de la Ley de Aviación Civil (numeral 5.2.1 a). El seguro protege a terceros y a la empresa si la aeronave causa daños a personas o bienes.

- Verifica que la póliza **esté vigente** en la fecha de la operación y que cubra el **número de serie** o el tipo de equipo.
- Revisa las **exclusiones**. Es común que no cubran vuelo nocturno, BVLOS, operación sin registro ni pilotos no autorizados por el asegurado.
- Cualquier incumplimiento normativo puede **anular la cobertura**. Operar fuera de norma también es operar sin seguro.
- El seguro de responsabilidad civil **no cubre el equipo propio**. El daño a la aeronave se atiende con DJI Care Enterprise o con un seguro de casco (ver módulo 04).
- Algunos clientes piden **montos mínimos** o que se les incluya como beneficiarios. Confírmalo en la planeación del servicio.
- Número de póliza, aseguradora y montos de DronOps: **POR VALIDAR**

## 1.10 RESPONSABILIDAD, PRIVACIDAD Y REPORTES

El operador y el piloto son responsables de la operación y de los daños que cause (numeral 4.11.1), del uso de la información obtenida (4.11.2) y de respetar las leyes federales y locales de seguridad nacional, seguridad pública, **privacidad** y propiedad intelectual (4.11.3). En la práctica, esto implica:

- No captar ni conservar imágenes de personas o propiedades ajenas al servicio. Si se captan de forma incidental, se tratan como **datos confidenciales** conforme a la legislación de protección de datos personales.
- Pedir permiso para despegar y aterrizar en propiedad privada. El permiso del cliente no incluye los predios vecinos.
- Ante un accidente o incidente, documentarlo con fotos, bitácora y registro de vuelo, notificarlo de inmediato a la dirección de operaciones y, cuando aplique, presentar el **Reporte de Daños por RPAS (Apéndice M)** a la comandancia del aeropuerto más próximo en un plazo no mayor a 5 días.

### MÓDULO 01 · RESUMEN

#### Puntos clave

- El Matrice 4T es un **RPAS Micro** (MTOW 1,420 g) y DronOps lo usa de forma **comercial**: numerales 4.10, 4.11, 5.1 y 5.2.
- La autoridad es la **AFAC**, dentro de la **SICT**. Donde la NOM dice SCT/DGAC, hoy se lee SICT/AFAC.
- Límites estándar: **122 m** de altura, **457 m** de distancia, **10 m** de personas, **solo de día** y siempre en línea de vista directa.
- **9.2 km** de aeródromos y **0.9 km** de helipuertos. Entre 9.2 y 18.5 km de los aeródromos listados, altura máxima de **100 m**.
- El folio de registro (**Apéndice K**) lo tramita el operador antes de volar. En la estación de control deben estar el folio, la póliza y, si aplica, la autorización del INEGI.
- El vuelo nocturno, el BVLOS, el vuelo sobre personas y la operación cerca de aeródromos son **operaciones especiales** y requieren autorización por única ocasión.
- Los accidentes e incidentes se reportan en **5 días como máximo** (Apéndice M).

## Autoevaluación 01

1. ¿Qué define la categoría de un RPAS según la NOM-107?
  - a) Su alcance de transmisión
  - b) Su peso máximo de despegue y su uso
  - c) El tipo de cámara
2. Un cliente pide un video de una azotea a 300 m de un hospital con helipuerto vigente. ¿Qué haces?
  - a) Vuelo bajo y rápido
  - b) Opero: la app no muestra zona GEO
  - c) No opero sin la autorización del numeral 8.2
3. ¿Cuál es la distancia horizontal máxima entre el piloto y un RPAS Micro en operación estándar?
  - a) 122 m
  - b) 457 m
  - c) 1,000 m
4. ¿Quién tramita el folio de registro del Matrice 4T de DronOps?
  - a) Cada piloto
  - b) El operador, DronOps
  - c) El distribuidor DJI
5. ¿Qué documentos deben estar disponibles en la estación de control en una operación comercial estándar?
  - a) Folio de registro, póliza de RC y, si aplica, autorización del INEGI
  - b) Solo la factura
  - c) Licencia de piloto de RPAS Grande
6. Verdadero o falso: si DJI Pilot 2 permite despegar, el vuelo cumple con la regulación mexicana.
7. ¿En qué plazo máximo se reporta un accidente con daños a terceros, según el numeral 4.10.13?
  - a) 24 horas
  - b) 5 días
  - c) 30 días



## MÓDULO 02 · ECOSISTEMA DJI

# EL ECOSISTEMA DJI

DJI es el principal fabricante de drones civiles del mundo y su catálogo va desde equipos de bolsillo hasta plataformas industriales con estaciones automáticas. Entender dónde se ubica cada familia te ayuda a explicarle al cliente por qué una operación profesional exige un equipo profesional, y a reconocer qué herramienta resuelve cada problema.

- Gama de consumo frente a gama Enterprise
- Campos de aplicación por línea de servicio
- Familia Enterprise: cargas útiles, redundancia, RTK y térmica
- Tendencia hacia la operación automatizada

## 2.1 CONSUMO FRENTE A ENTERPRISE

A simple vista, un Mavic de consumo y un Matrice 4T se parecen. La diferencia está en lo que no se ve: los sensores, la seguridad del dato, el soporte técnico y la capacidad de producir información medible.

| CRITERIO                   | GAMA DE CONSUMO                     | GAMA ENTERPRISE                                                                                                                          |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Propósito</b>           | Foto y video recreativo o creativo. | Producir datos operativos: medición, inspección, cartografía, seguridad y agricultura.                                                   |
| <b>Ejemplos</b>            | DJI Mini, Air, Mavic, Avata, Neo.   | Serie Matrice 4 (4E / 4T), Matrice 350 RTK, Matrice 400, Dock, Agras y FlyCart.                                                          |
| <b>Sensores</b>            | Cámara visible, a veces con zoom.   | Térmica radiométrica, zoom de largo alcance, telémetro láser, LiDAR, multi-espectral y sensores de gas, según el modelo o la carga útil. |
| <b>Posicionamiento</b>     | GNSS de uso general.                | RTK integrado o disponible, con precisión centimétrica para cartografía y vuelos repetibles.                                             |
| <b>Aplicación de vuelo</b> | DJI Fly.                            | DJI Pilot 2, con misiones de ruta, mapeo, herramientas de medición y gestión en la nube (FlightHub 2).                                   |
| <b>Seguridad del dato</b>  | Orientada al usuario final.         | Modo de datos locales, cifrado y control de sincronización, clave para clientes industriales y de gobierno.                              |
| <b>Accesorios</b>          | Limitados.                          | Foco, altavoz, módulo 4G, baliza y puertos de expansión (E-Port) para integraciones de terceros.                                         |

| CRITERIO | GAMA DE CONSUMO   | GAMA ENTERPRISE                                                                                   |
|----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Soporte  | DJI Care Refresh. | DJI Care Enterprise, red de distribuidores con servicio técnico y firmware con ciclo profesional. |

## 2.2 LA FAMILIA ENTERPRISE EN CUATRO CONCEPTOS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>CONCEPTO 1</p> <p><b>Cargas útiles</b></p> <p>La «carga útil» (<i>payload</i>) es el sensor o el dispositivo que hace el trabajo. En plataformas como el <b>Matrice 350 RTK</b> y el <b>Matrice 400</b> se intercambian cámaras Zenmuse, por ejemplo la <b>H30T</b> (zoom y térmica), el <b>L2</b> (LiDAR) o la <b>P1</b> (fotogrametría de formato completo). En equipos compactos como el <b>Matrice 4T</b>, la carga útil está <b>integrada</b>: ganas portabilidad y rapidez de despliegue a cambio de no poder cambiar de sensor.</p>                          | <p>CONCEPTO 2</p> <p><b>Redundancia</b></p> <p>Redundancia es tener sistemas duplicados para que una falla aislada no provoque una pérdida de control. Las plataformas grandes cuentan con IMU y barómetros duplicados, doble batería con cambio en caliente y enlaces de transmisión redundantes. En el Matrice 4T, la redundancia se complementa con la <b>detección omnidireccional de obstáculos</b>, el <b>RTK integrado</b>, la <b>transmisión mejorada 4G</b> y el <b>RPO avanzado</b>. Aun así, <b>una sola batería y cuatro motores</b> significan que una falla grave de propulsión no tiene respaldo.</p> |
| <p>CONCEPTO 3</p> <p><b>RTK</b></p> <p>El GNSS convencional ubica la aeronave con un error de metros. El <b>RTK</b> (<i>Real-Time Kinematic</i>) corrige esa posición en tiempo real con datos diferenciales de una estación base D-RTK o de una red NTRIP, y la lleva a una precisión <b>centimétrica</b>. Sirve para mapear sin tantos puntos de control, repetir vuelos idénticos en inspecciones periódicas y resistir mejor la interferencia magnética de estructuras metálicas. En DJI Pilot 2, el estado «<b>FIX</b>» indica que la corrección está activa.</p> | <p>CONCEPTO 4</p> <p><b>Térmica radiométrica</b></p> <p>Una cámara térmica capta radiación infrarroja de onda larga (8–14 µm en el M4T). Si es <b>radiométrica</b>, cada píxel guarda un valor de temperatura, y no solo un color: el formato <b>R-JPEG</b> permite medir temperaturas y diferencias (ΔT) después del vuelo. Para medir bien hay que conocer la <b>emisividad</b> del material, la temperatura reflejada y las condiciones ambientales. Es la base de las especialidades Industrial y Seguridad.</p>                                                                                                 |

## 2.3 CAMPOS DE APLICACIÓN

Cada línea de servicio de DronOps aprovecha una combinación distinta de sensores y software. El Nivel 1 te da la base común; el Nivel 2 profundiza en la especialidad.

| LÍNEA     | QUÉ RESUELVE                                                                                                  | CAPACIDADES CLAVE                                                    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| SEGURIDAD | Respuesta a emergencias, búsqueda y localización, vigilancia perimetral, apoyo a brigadas y protección civil. | Térmica, zoom, telémetro láser, foco, altavoz y transmisión en vivo. |

| LÍNEA      | QUÉ RESUELVE                                                                                          | CAPACIDADES CLAVE                                                                                      |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INDUSTRIAL | Inspección de paneles solares, subestaciones, techumbres, tanques, estructuras y seguimiento de obra. | Térmica radiométrica, zoom de alta resolución y misiones repetibles con RTK.                           |
| MAPEO      | Ortomosaicos, modelos digitales, volumetrías, mesh 3D y levantamientos topográficos.                  | Cámara de obturador mecánico, RTK, misiones de área y oblicuas, LiDAR, DJI Terra y otros procesadores. |
| AGRO       | Estudios previos de cultivo, índices de vegetación, conteo y aspersión de precisión.                  | Multiespectral, mapeo y equipos Agras para aspersión, con sus propias autorizaciones.                  |

2.4 HACIA LA OPERACIÓN AUTOMATIZADA

La tendencia en la industria es clara: el piloto pasa de «volar con las palancas» a **planear, supervisar y validar** operaciones cada vez más automáticas. Esto no le resta importancia al pilotaje manual. Al contrario: **cuando la automatización falla, el piloto debe tomar el control de inmediato**, y para eso existe este curso.



FIG. 2.1 · NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN. EL NIVEL 1 DOMINA LAS DOS PRIMERAS ETAPAS; LAS ESPECIALIDADES TRABAJAN CON LAS SIGUIENTES

Qué cambia para el piloto

- La **planeación** (ruta, altura, traslape, puntos de acción) pesa tanto como la ejecución.
- La **supervisión activa** es una tarea en sí misma: vigilar la telemetría, el entorno y la batería sin distraerse.
- La **toma de control** manual debe ser inmediata y segura, con el botón de detener vuelo, el cambio de modo y la reorientación.

Estaciones automáticas (Dock)

Los **Dock** son estaciones que alojan, cargan y despachan la aeronave sin personal en sitio. Operan con variantes específicas de la aeronave (por ejemplo, la serie Matrice 4D con el Dock 3). En México, este tipo de operación implica BVLOS y, por lo tanto, **una autorización de operación especial**. Es una tendencia que conviene conocer, pero está fuera del alcance del Nivel 1.

## MÓDULO 02 · RESUMEN

## Puntos clave

- La gama Enterprise produce **datos medibles** con seguridad de la información y soporte profesional; la de consumo produce imágenes.
- El Matrice 4T tiene **carga útil integrada**: cámara gran angular, dos teleobjetivos, térmica y telémetro láser en un equipo portátil.
- El **RTK** da precisión centimétrica; la **térmica radiométrica** permite medir temperaturas en R-JPEG.
- Más automatización exige **mejor pilotaje manual**, no menos.

## Autoevaluación 02

1. ¿Qué indica el estado «FIX» en la configuración RTK de DJI Pilot 2?
2. ¿Qué diferencia una imagen térmica radiométrica de una que no lo es?
3. Menciona una ventaja y una desventaja de la carga útil integrada del Matrice 4T frente a una plataforma con cargas intercambiables.
4. Verdadero o falso: con más automatización, el pilotaje manual deja de ser necesario.



## MÓDULO 03 · TU EQUIPO DE VUELO

# TU EQUIPO DE VUELO

El DJI Matrice 4T es la aeronave de trabajo de DronOps. En este módulo lo desarmamos en sus partes: qué hace cada componente, qué límites tiene y cómo se comporta cuando algo falla. Un piloto que entiende su equipo reconoce una anomalía antes de que se convierta en un incidente.

- Anatomía del equipo y su lugar en la familia Enterprise
- Control remoto RC Plus 2: distribución y botones configurables
- Baterías inteligentes: ciclos, almacenamiento y temperatura
- Sensores: IMU, brújula, barómetro y giroscopio
- Navegación GNSS y su efecto sobre el modo de vuelo
- Cámaras, telémetro láser y sistema de detección

## 3.1 DJI MATRICE 4T EN CIFRAS

El Matrice 4T pertenece a la serie Matrice 4 de DJI Enterprise, junto con el Matrice 4E, que está orientado a cartografía. La «T» significa **térmico**: es la versión con cámara infrarroja radiométrica, pensada para inspección, seguridad y respuesta a emergencias.

|                                         |                                             |                                         |                                              |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>49 min</b><br>TIEMPO DE VUELO MÁXIMO | <b>12 m/s</b><br>RESISTENCIA MÁX. AL VIENTO | <b>1,420 g</b><br>PESO MÁX. DE DESPEGUE | <b>-10/40 °C</b><br>TEMPERATURA DE OPERACIÓN |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|

### AERONAVE

|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| Peso de despegue          | <b>1,219 g</b>                |
| Peso máximo de despegue   | <b>1,420 g</b>                |
| Dimensiones desplegado    | <b>307 × 387.5 × 149.5 mm</b> |
| Velocidad máx. horizontal | <b>21 m/s</b>                 |
| Ascenso / descenso máx.   | <b>10 / 8 m/s</b>             |
| Techo de servicio         | <b>6,000 m s. n. m.</b>       |

### SISTEMA

|                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| Transmisión           | <b>O4 Enterprise + 4G opcional</b> |
| Alcance máx. (FCC)    | <b>25 km</b>                       |
| Control remoto        | <b>DJI RC Plus 2 Enterprise</b>    |
| Pantalla del control  | <b>7.02 in · 1920 × 1200</b>       |
| Autonomía del control | <b>3.8 h (batería interna)</b>     |
| Batería de vuelo      | <b>6,741 mAh · 99.5 Wh · 401 g</b> |
| Carga de batería      | <b>5 a 40 °C</b>                   |
| Vida útil de batería  | <b>200 ciclos</b>                  |

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| Vuelo máx. / estacionario | 49 / 42 min                      |
| Resistencia al viento     | 12 m/s                           |
| Temperatura de operación  | -10 a 40 °C                      |
| GNSS                      | GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS |
| Precisión en estacionario | ±0.1 m visión/RTK · ±0.5 m GNSS  |

|                |                                        |
|----------------|----------------------------------------|
| Almacenamiento | microSD                                |
| Accesorios     | Foco AL1 · altavoz · adaptador celular |

Fuentes: ficha técnica oficial DJI Enterprise y Manual de usuario de la serie DJI Matrice 4, v1.2 (abril de 2025). Valores con hélices estándar.

LAS CIFRAS DE CATÁLOGO NO SON LÍMITES OPERATIVOS

Los 49 minutos se miden en condiciones ideales, sin viento y a velocidad constante. Los 12 m/s de resistencia al viento indican lo que la aeronave tolera, no el viento con el que conviene operar. Los límites que usa DronOps están en el módulo 04. El 4T **no tiene clasificación IP** publicada: **no se vuela con lluvia**.

3.2 ANATOMÍA DE LA AERONAVE

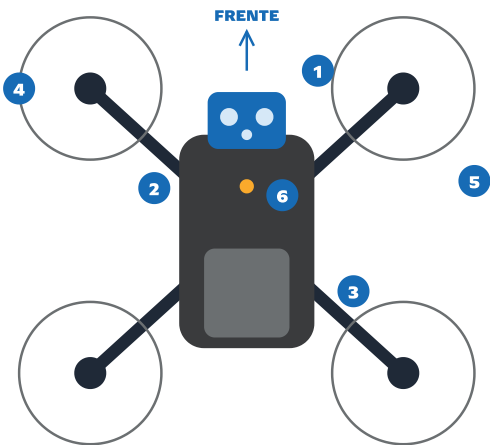


FIG. 3.1 · VISTA SUPERIOR ESQUEMÁTICA

| # | COMPONENTE                    | QUÉ DEBES SABER                                                                                                               |
|---|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Estabilizador y cámara        | Se estabilizan en tres ejes. Retira el <b>protector del estabilizador</b> antes de encender y colócalo al guardar.            |
| 2 | Sistema de visión             | Cámaras omnidireccionales e inferiores más detección infrarroja 3D. Deben estar <b>limpias y sin obstrucciones</b> .          |
| 3 | Batería de vuelo inteligente  | Se inserta hasta escuchar el <b>clic</b> de las dos bandas de sujeción.                                                       |
| 4 | Motores y hélices             | Hélices A y B por motor, del mismo tipo. Son consumibles: se sustituyen ante cualquier astilla o deformación.                 |
| 5 | Brazos y trenes de aterrizaje | Los trenes llevan las <b>antenas integradas</b> . Despliega primero los brazos delanteros y después los traseros.             |
| 6 | Antena GNSS, baliza y puertos | Baliza superior para visibilidad, E-Port para accesorios, puerto USB-C, ranura microSD y compartimento del adaptador celular. |

### 3.3 CÁMARAS Y TELÉMETRO LÁSER

El 4T integra en un solo estabilizador **cuatro sensores de imagen y un telémetro láser**. En DJI Pilot 2 puedes cambiar la vista principal, enlazar el zoom térmico con el visible o ver ambos lado a lado (SBS).

| CÁMARA             | SENSOR                                                                                                               | FOCAL EQUIV. | APERTURA | USO TÍPICO                                              |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|---------------------------------------------------------|
| Gran angular       | CMOS 1/1.3" · 48 MP                                                                                                  | 24 mm        | f/1.7    | Navegación, contexto, fotos generales.                  |
| Teleobjetivo medio | CMOS 1/1.3" · 48 MP                                                                                                  | 70 mm        | f/2.8    | Detalle a distancia media, inspección visual.           |
| Teleobjetivo       | CMOS 1/1.5" · 48 MP                                                                                                  | 168 mm       | f/2.8    | Detalle lejano sin acercarse al objetivo.               |
| Térmica            | Microbolómetro 640 × 512 · 12 μm · 8–14 μm                                                                           | 53 mm        | f/1.0    | Medición de temperatura (R-JPEG), búsqueda, inspección. |
| Telémetro láser    | Alcance de hasta 1,800 m. Mide la distancia al objetivo y, con una marca (PinPoint), su latitud, longitud y altitud. |              |          |                                                         |

#### PROTEGE EL SENSOR TÉRMICO

**Nunca apuntes la cámara térmica al sol**, a un láser ni a fuentes de energía intensa. El microbolómetro puede quemarse antes de que se active la protección y el daño es permanente. Cuidado con los reflejos del sol en paneles solares y cuerpos de agua.

#### FFC: CALIBRACIÓN TÉRMICA

La cámara térmica hace **calibraciones de campo plano (FFC)** periódicas y se escucha un leve «clic». Puedes forzarla desde la vista térmica para mejorar la imagen antes de una captura importante.

### 3.4 SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS

El sistema de visión omnidireccional y el de detección infrarroja 3D permiten que la aeronave **frene o esquive** obstáculos y se **posicione** sin GNSS, por ejemplo bajo techo o cerca de estructuras. Se activa en **modo Normal o Trípode** cuando la acción anticolidión está en «Esquivar» o «Frenar».

Es una red de seguridad, **no un piloto automático**. DJI advierte que no funciona correctamente en estas condiciones:

- Superficies **monocromas, reflejantes, transparentes o con agua**: vidrio, espejos, lagos, techos lisos de color sólido.
- Objetos **delgados: líneas eléctricas**, cables, ramas, grúas y torres de celosía.
- Iluminación **muy baja (< 0.5 lux) o muy alta (> 40,000 lux)**, o con cambios bruscos.
- Superficies con patrones repetitivos, objetos en movimiento, lluvia, niebla o visibilidad menor a 100 m.

#### RANGOS DE DETECCIÓN

|          |            |
|----------|------------|
| Frontal  | 0.4–22.5 m |
| Trasero  | 0.4–22.5 m |
| Lateral  | 0.5–32 m   |
| Inferior | 0.3–18.8 m |

#### REGLA PRÁCTICA

A mayor velocidad, mayor distancia de frenado. Si vuelas a más velocidad de la que el sistema alcanza a detectar, **no podrá frenar a tiempo**. Cerca de estructuras, vuela lento.

■ En modo Sport, la detección de obstáculos está desactivada.

3.5 CONTROL REMOTO DJI RC PLUS 2 ENTERPRISE



FIG. 3.2 · RC PLUS 2 ENTERPRISE, VISTA FRONTAL ESQUEMÁTICA EN MODO 2 (POSICIONES APROXIMADAS; CONSULTA EL MANUAL DE DJI)

| CONTROL                    | FUNCIÓN                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Botón RPO                  | Mantenlo presionado para iniciar el regreso al punto de origen. Presiónalo de nuevo para cancelarlo.                                                                                          |
| Botón de detener vuelo     | Una pulsación: la aeronave <b>frena y queda en estacionario</b> (si hay GNSS o visión). También sirve para salir de un RPO o de una misión. <b>Es tu botón de emergencia número uno.</b>      |
| Selector de modo F / S / N | Cambia entre los modos Función, Sport y Normal. Se opera siempre en <b>N</b> salvo una indicación expresa.                                                                                    |
| L1–L3 / R1–R3              | Funciones contextuales de DJI Pilot 2, visibles en la vista de cámara.                                                                                                                        |
| C1, C2, C3, C4 y 5D        | Personalizables en DJI Pilot 2. Configuración sugerida por DronOps: C1 = centrar o bajar el estabilizador, C2 = cambiar de cámara, C3 = alternar mapa y cámara, C4 = zoom. <b>POR VALIDAR</b> |
| Dial izquierdo / derecho   | Inclinación del estabilizador / zoom de la cámara.                                                                                                                                            |
| Atrás + otro botón         | Combinaciones fijas: brillo (dial izq.), volumen (dial der.), grabar pantalla, captura de pantalla y navegación con el 5D.                                                                    |

Led de estado del control

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Verde fijo           | Vinculado con la aeronave   |
| Rojo fijo            | Desvinculado                |
| Rojo parpadeante     | Batería de la aeronave baja |
| Amarillo parpadeante | Batería del control baja    |

Antenas y alcance

La señal es más fuerte cuando **las caras planas de las antenas apuntan hacia la aeronave** y no hay obstáculos entre ambos. No apuntes la punta de las antenas al dron. Si DJI Pilot 2 avisa de señal débil, reorienta las antenas, gana altura o acerca la aeronave.

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| Azul parpadeante | Vinculando            |
| Cian parpadeante | Palancas no centradas |

El control tiene batería interna (3.8 h) y admite una batería externa **WB37** que puede cambiarse sin apagarlo. En jornadas largas, lleva WB37 cargadas.

## 3.6 BATERÍAS DE VUELO INTELIGENTES

La batería es el componente más crítico y el que más cuidados requiere. Es de polímero de litio (LiPo): almacena mucha energía en poco peso, pero se **degrada** si se maltrata y puede **incendiarse** si se daña.

|                                      |                                   |                                          |                                        |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>99.5</b> Wh<br>ENERGÍA (< 100 Wh) | <b>200</b><br>CICLOS DE VIDA ÚTIL | <b>22–28</b> °C<br>CARGA Y ALMACÉN IDEAL | <b>≤ 30</b> %<br>CARGA PARA TRANSPORTE |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|

### Carga

- Rango de carga: **5 a 40 °C**; lo ideal es de 22 a 28 °C. La carga se detiene si las celdas superan los 55 °C.
- **No cargues una batería recién volada**: espera a que se enfríe.
- El **centro de carga** carga en secuencia, empezando por la batería más llena, y requiere el adaptador USB-C de 100 W de DJI. Tiene dos modos: **Estándar** (100 %) y **Lis-to para volar** (90 %, y mantiene ese nivel).
- Coloca el centro de carga en una superficie estable, lejos de materiales inflamables, y **nunca lo dejes cargando sin supervisión**.

### Temperatura en vuelo

- No se usa por debajo de **–10 °C**. Con frío, la capacidad cae de forma notable y con ella la resistencia al viento: precalienta la batería y haz un estacionario breve tras despegar.
- Con calor extremo (cerca de 40 °C), evita dejar las baterías al sol. Guárdalas en una hielera sin hielo o a la sombra.

### Almacenamiento y ciclos

- Una batería cargada al 100 % **se autodescarga** si queda inactiva (es normal que se sienta tibia). No la dejes llena durante días.
- Haz una carga completa al menos **cada 3 meses**. Si pasan 3 meses sin cargarla ni descargarla, pierde la garantía.
- Por debajo del 10 % en reposo entra en **hibernación**. Para despertarla hay que cargarla.
- Si vas a guardarla por más de 3 meses, mantenla a 22–28 °C. Nunca la almacenes fuera del rango de –10 a 45 °C.
- Pasados los **200 ciclos**, DJI no recomienda seguir usándola. Registra los ciclos en la bitácora.

#### RETIRA DE SERVICIO LA BATERÍA SI

está **inflada**, golpeada, perforada o mojada, huele raro, no se enciende tras una sobredescarga, o las celdas muestran una diferencia de voltaje anormal en DJI Pilot 2. Deséchala en un punto de reciclaje autorizado, completamente descargada.

#### VALOR AGREGADO · VIAJES EN AVIÓN

Con **99.5 Wh**, cada batería queda por debajo del umbral de 100 Wh que la mayoría de las aerolíneas acepta en **equi-paje de mano** sin aprobación especial. Nunca va documentada. Llévala con los bornes protegidos, en bolsa ignífuga y cargada al 30 % o menos. Las políticas cambian: confirma con la aerolínea antes de cada viaje.

### 3.7 SENSORES DE VUELO

El controlador de vuelo combina los datos de varios sensores para saber, cientos de veces por segundo, **dónde está la aeronave, hacia dónde apunta y cómo se mueve**. Cuando uno de ellos falla o recibe interferencia, cambia el comportamiento de la aeronave. Por eso tienes que saber qué hace cada uno.

| SENSOR         | QUÉ MIDE                                                           | SI FALLA O RECIBE INTERFERENCIA                                                          | BUENAS PRÁCTICAS                                                                                                                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Giroscopio     | Velocidad de rotación en los tres ejes (alabeo, cabeceo, guiñada). | Pérdida de estabilidad y oscilaciones; es un error crítico.                              | Evita golpes. No enciendas la aeronave sobre superficies que vibren o se muevan.                                                                                |
| Acelerómetro   | Aceleraciones lineales e inclinación respecto a la gravedad.       | Desvíos, horizonte inclinado, errores de actitud.                                        | Enciende sobre una superficie plana. Calibra la IMU solo cuando la app lo pida.                                                                                 |
| IMU            | Unidad inercial: integra giroscopio y acelerómetro.                | Aviso de calibración o «error de IMU»: no despegues.                                     | Deja que la aeronave <b>se caliente</b> tras encenderla (el led parpadea en amarillo).                                                                          |
| Brújula        | Rumbo magnético: hacia dónde apunta la nariz.                      | Interferencia: deriva, vuelo en «semicírculos» ( <i>toilet bowl</i> ), paso a modo ATTI. | Aléjate de <b>metal, varilla, autos, líneas eléctricas y transformadores</b> . Calibra lejos de ellos y solo cuando la app lo pida (led rojo/amarillo alterno). |
| Barómetro      | Presión atmosférica para estimar la altura relativa.               | Variaciones de altura; afectado por ráfagas y el flujo de las hélices.                   | Conoce su deriva normal. Cerca del suelo manda el sistema de visión inferior.                                                                                   |
| Visión / IR 3D | Posición relativa y distancia a obstáculos y al suelo.             | Sin textura ni luz: sin posicionamiento visual ni anticolisión.                          | Mantén los lentes limpios. Funciona mejor entre 0.5 y 30 m sobre el suelo.                                                                                      |
| GNSS / RTK     | Posición absoluta con cuatro constelaciones y RTK opcional.        | Señal débil: sin punto de origen fiable, posible ATTI.                                   | Espera la señal intensa y el <b>aviso de voz de punto de origen actualizado</b> antes de alejarte.                                                              |

#### Indicadores de estado de la aeronave

| NORMAL                           | SIGNIFICADO                 | ADVERTENCIA     | SIGNIFICADO                                 |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------------|
| Rojos, amarillo y verde alternos | Encendido y autodiagnóstico | Amarillo rápido | Pérdida de señal del control                |
| Amarillo × 4                     | Calentando                  | Rojos lentos    | Despegue desactivado (p. ej., batería baja) |
| Verde lento                      | GNSS activo                 | Rojos rápidos   | Batería crítica                             |
| Verde × 2 repetido               | Sistemas de visión activos  | Rojos fijos     | Error crítico                               |

| NORMAL         | SIGNIFICADO                   | ADVERTENCIA              | SIGNIFICADO         |
|----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Amarillo lento | Sin GNSS ni visión: modo ATTI | Rojo y amarillo alternos | Calibrar la brújula |

## 3.8 GNSS Y MODOS DE VUELO

El modo de vuelo que realmente tienes disponible **no siempre es el que marca el selector**. Depende de la calidad del posicionamiento. Entender esta relación es la diferencia entre sorprenderse y anticiparse.



FIG. 3.3 · DEL POSICIONAMIENTO DISPONIBLE DEPENDE EL COMPORTAMIENTO REAL DE LA AERONAVE

### GNSS en el Matrice 4T

El receptor usa cuatro constelaciones (GPS, Galileo, BeiDou y GLONASS), lo que mejora la disponibilidad en entornos urbanos. El **punto de origen** se registra al despegar si hay señal GNSS intensa o luz suficiente, y DJI Pilot 2 lo confirma con un **aviso de voz**. Si despegas cerca de edificios, ese punto puede ser impreciso: vigila el aterrizaje del RPO y toma el control manual cerca del suelo.

### Otros sistemas que debes conocer

- **DJI AirSense:** receptor ADS-B que avisa si una aeronave tripulada equipada con transpondedor se acerca. No detecta aeronaves sin ADS-B: **la vigilancia visual sigue siendo obligatoria.**
- **Transmisión mejorada 4G:** con el adaptador celular y una SIM, respalda el enlace O4 si este se bloquea. Consume datos y depende de la cobertura.
- **Registrador de vuelo:** guarda los datos de cada vuelo, esenciales para el soporte técnico y la investigación de incidentes.

## MÓDULO 03 · RESUMEN

## Puntos clave

- Las cifras de catálogo (49 min, 12 m/s) se obtienen en condiciones ideales. El 4T **no tiene clasificación IP**: no se vuela con lluvia.
- El **botón de detener vuelo** frena la aeronave y la deja en estacionario. El botón RPO inicia o cancela el regreso.
- La anticolisión **no ve cables ni vidrio** y se desactiva en modo Sport.
- Baterías: no cargar calientes, transportar al 30 %, carga completa cada 3 meses, retiro a los 200 ciclos o ante cualquier daño.
- Sin GNSS ni visión, la aeronave entra en **ATTI**: no frena ni se mantiene en estacionario. Corrige y aterriza pronto.

## Autoevaluación 03

1. ¿Qué hace el botón de detener vuelo del RC Plus 2?
2. ¿Por qué no debes confiar en la anticolisión al inspeccionar una línea de media tensión?
3. ¿Qué modo de carga del centro de carga conviene la noche antes de una operación, y por qué?
4. El led de la aeronave parpadea en rojo y amarillo de forma alterna. ¿Qué significa y qué haces?
5. ¿Qué deja de hacer la aeronave en modo ATTI y cuál es la reacción correcta?



## MÓDULO 04 · PREPARACIÓN DE LA OPERACIÓN

# PREPARACIÓN DE LA OPERACIÓN

La mayoría de los vuelos que salen mal ya estaban mal antes de despegar: una batería sin carga, una tarjeta llena, un helipuerto que nadie revisó o un viento que se subestimó. La preparación convierte la incertidumbre de campo en decisiones tomadas con calma en gabinete.

- Carga de baterías y gestión de memoria previas a campo
- Activación del equipo y cobertura DJI Care
- Inspección previa del sitio: coordenadas, accesos y meteorología
- Evaluación de riesgos en sitio y punto de despegue
- Checklist del entorno y condiciones que abortan la operación
- Roles, briefing y aptitud del piloto

## 4.1 EL PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR

Toda operación DronOps sigue la misma secuencia. Los módulos 04 a 07 desarrollan cada etapa. Memoriza el orden: saltarse una etapa es la forma más común de introducir un error.

| 1 · PLANEACIÓN           | 2 · GABINETE         | 3 · SITIO                    | 4 · VUELO               | 5 · CIERRE                       | 6 · DATO                     |
|--------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Alcance y espacio aéreo  | Cargas, memoria, kit | Riesgos y punto de desp.     | Preflight, captura, RPO | Apagado, inspección              | Respaldo < 24 h              |
| D-2 o antes<br>Módulo 04 | D-1<br>Módulo 04     | Día D · Llegada<br>Módulo 04 | Día D<br>Módulo 05      | Día D · al terminar<br>Módulo 07 | D+1 como máximo<br>Módulo 07 |

FIG. 4.1 · LAS SEIS ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE DRONOPS

## 4.2 PREPARACIÓN EN GABINETE (D-1)

### Energía

- Calcula las baterías necesarias: **tiempo de vuelo planeado ÷ 25 min por batería + 1 de reserva**. En DronOps se planea con unos 25 minutos útiles por batería, no con los 49 de catálogo. **POR VALIDAR**
- Carga en el centro de carga en modo **Listo para volar (90 %)** la noche anterior, o en modo Estándar si vas a volar en las siguientes horas.
- Carga el **RC Plus 2** al 100 % y las baterías externas **WB37**.
- Revisa en DJI Pilot 2 los **ciclos y el estado de cada batería**. Deja fuera las que tengan alertas.

### Kit de campo DronOps

- ☐ Matrice 4T en su estuche, con protector del estabilizador
- ☐ RC Plus 2 Enterprise y baterías WB37
- ☐ Baterías de vuelo y centro de carga con adaptador de 100 W
- ☐ Juego de hélices de repuesto (A y B)
- ☐ microSD de repuesto y lector de tarjetas
- ☐ Plataforma de despegue (*landing pad*)

## Memoria y software

- Confirma que el contenido de la tarjeta microSD **ya esté respaldado** y fórmatala **en la aeronave**. Lleva una tarjeta de repuesto.
- Actualiza el firmware **en gabinete**, nunca en sitio, y haz un vuelo corto de prueba después de actualizar.
- Descarga los mapas del área para usarlos sin conexión y, si hay Internet, activa los **datos del terreno** para el RPO.
- Carga en DJI Pilot 2 la misión o el KML del área, si aplica.

- ☐ Conos o cinta para delimitar la zona de seguridad
- ☐ Anemómetro portátil
- ☐ Paño de microfibra y limpiador de lentes
- ☐ Carpeta documental: folio de registro, póliza de RC, autorizaciones y orden de servicio
- ☐ EPP: chaleco, casco si el sitio lo exige, lentes de sol y calzado de seguridad
- ☐ Botiquín, extintor para baterías de litio, agua y protector solar
- ☐ Bitácora de vuelo (física o digital)

## 4.3 ACTIVACIÓN DEL EQUIPO Y DJI CARE ENTERPRISE

La aeronave y el control deben **activarse antes del primer uso**. Se encienden ambos (una pulsación y luego otra sostenida en el botón de encendido), se siguen las instrucciones en pantalla y el control necesita **acceso a Internet**. La activación se hace con la cuenta corporativa de DronOps, **nunca con una cuenta personal**.

Si se cambia el control remoto o se reinstala el equipo, hay que **vincular** el control con la aeronave desde DJI Pilot 2. Mientras se vinculan, el led del control parpadea en azul.

### DJI Care Enterprise

Es el programa de protección de DJI para equipos Enterprise. Cubre daños accidentales, como colisiones o caídas, con reemplazos o reparaciones según el plan. Ten en cuenta que:

- Suele tener un **plazo para contratarse** después de la activación del equipo.
- DJI puede pedir los **registros de vuelo** para validar un reclamo. Nunca borres los datos de vuelo de DJI Pilot 2.
- **No cubre** pérdidas por negligencia, por uso fuera de norma ni por agua.

Plan contratado, vigencia y procedimiento de reclamo de DronOps: **POR VALIDAR**

## 4.4 INSPECCIÓN PREVIA DEL SITIO

La inspección previa se hace **primero en gabinete**, con imágenes satelitales, bases de datos y pronóstico, y se **confirma al llegar**. Su resultado es una decisión documentada: se vuela, se ajusta el plan o no se vuela.

#### COORDENADAS

##### Dónde exactamente

- Coordenadas del área de trabajo y de uno o dos puntos de despegue candidatos.
- Obstáculos altos: torres, antenas, líneas eléctricas, grúas y árboles.
- Altura máxima necesaria frente al límite de 122 m.

#### ACCESOS

##### Cómo y con quién

- Contacto del cliente en sitio y horarios de acceso.
- Permisos para despegar en el predio y requisitos del cliente: inducción, EPP, permisos de trabajo.
- Presencia de personal, vehículos o animales durante el vuelo.

#### ESPACIO AÉREO

##### Qué hay arriba

- Distancia a aeródromos ( $\geq 9.2$  km) y helipuertos ( $\geq 0.9$  km).
- Zonas prohibidas o restringidas (PIA/AIP ENR 5.1) y NOTAM vigentes.
- Zonas GEO en DJI Pilot 2 como referencia complementaria.

## Meteorología: qué revisar y dónde

El clima es la variable más cambiante. Revisa el pronóstico el día anterior y vuelve a revisarlo la mañana de la operación, con fuentes como el Servicio Meteorológico Nacional, Windy o Meteoblue. En sitio, mide con el anemómetro. Considera que **el viento a 50–100 m suele ser más fuerte** que el que sientes en el suelo.

| VARIABLE                        | LÍMITE DEL EQUIPO (DJI)                                   | UMBRAL OPERATIVO DRONOPS                                                                                                                                    | POR VALIDAR |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Viento sostenido</b>         | Resistencia máxima de 12 m/s                              | <b><math>\leq 8</math> m/s (<math>\approx 29</math> km/h)</b> a la altura de trabajo. Entre 8 y 10 m/s, solo pilotos Nivel 2 y con margen de batería extra. |             |
| <b>Ráfagas</b>                  | —                                                         | No volar si las ráfagas superan en 5 m/s el viento sostenido o si pasan de 10 m/s.                                                                          |             |
| <b>Lluvia, llovizna, niebla</b> | No volar en lluvia, nieve o niebla (sin clasificación IP) | <b>No se vuela.</b> Tampoco con alta probabilidad de lluvia durante la ventana del vuelo.                                                                   |             |
| <b>Tormenta eléctrica</b>       | —                                                         | No se vuela con tormenta eléctrica a menos de 10 km o con rayos visibles.                                                                                   |             |
| <b>Temperatura</b>              | -10 a 40 °C en operación                                  | Con menos de 10 °C, precalentar las baterías. Con más de 35 °C, reducir la duración de cada vuelo y proteger los equipos del sol.                           |             |
| <b>Visibilidad</b>              | No volar con visibilidad menor a 100 m                    | Suficiente para mantener la línea de vista a la distancia de trabajo, con un <b>mínimo de 1.5 km</b> .                                                      |             |
| <b>Actividad geomagnética</b>   | —                                                         | Si el <b>índice Kp</b> es de 5 o más (tormenta geomagnética), extremar precauciones o posponer. Puede degradar el GNSS y la brújula.                        |             |
| <b>Luz solar</b>                | —                                                         | Terminar el último aterrizaje <b>antes de la puesta del sol</b> (NOM 4.10.10). Con el sol bajo hay deslumbramiento: planea la orientación del piloto.       |             |

## 4.5 EVALUACIÓN DE RIESGOS EN SITIO

La NOM (Apéndice E) obliga al piloto a evaluar, antes de volar, las condiciones climáticas, el espacio aéreo, la ubicación de personas y bienes y otros peligros en tierra. En DronOps se usa un método simple, que se completa en cinco minutos al llegar al sitio.

- 01 **Identifica** los peligros: qué puede salir mal y a quién o qué puede dañar.
- 02 **Evalúa** cada peligro: probabilidad (1 a 5) × severidad (1 a 5).
- 03 **Mitiga:** cambia el punto de despegue, la ruta o la altura, delimita la zona, agrega un observador o cambia el horario.
- 04 **Reevalúa** el riesgo residual con la mitigación aplicada.
- 05 **Decide:** verde, se opera; amarillo, se opera con la mitigación registrada y comunicada; rojo, no se opera.

| PELIGRO TÍPICO               | MITIGACIÓN                                                                         |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Líneas eléctricas</b>     | Ubicarlas en el mapa, altura de RPO por encima de ellas y RPO en «Preestablecido». |
| <b>Personas ajenas</b>       | Zona de seguridad de $\geq 10$ m, horario de menor afluencia y observador.         |
| <b>Estructuras metálicas</b> | Despegar lejos del metal y vigilar las alertas de brújula.                         |
| <b>Pérdida de señal</b>      | Evitar obstáculos entre el control y la aeronave; configurar el RPO.               |
| <b>Aves</b>                  | Pausar la operación; no perseguirlas ni acercarse a nidos.                         |
| <b>Tránsito tripulado</b>    | Observador vigilando el cielo, AirSense y descenso inmediato.                      |

|                |   | SEVERIDAD → |    |    |    |    |
|----------------|---|-------------|----|----|----|----|
| PROBABILIDAD → | 5 | 5           | 10 | 15 | 20 | 25 |
|                | 4 | 4           | 8  | 12 | 16 | 20 |
|                | 3 | 3           | 6  | 9  | 12 | 15 |
|                | 2 | 2           | 4  | 6  | 8  | 10 |
|                | 1 | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  |
|                |   | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  |

FIG. 4.2 · MATRIZ DE RIESGO 5 × 5 · 1-4 VERDE: ACEPTABLE · 5-12 ÁMBAR: MITIGAR Y REGISTRAR ·  $\geq 15$  ROJO: NO OPERAR

## 4.6 DEFINICIÓN DEL PUNTO DE DESPEGUE

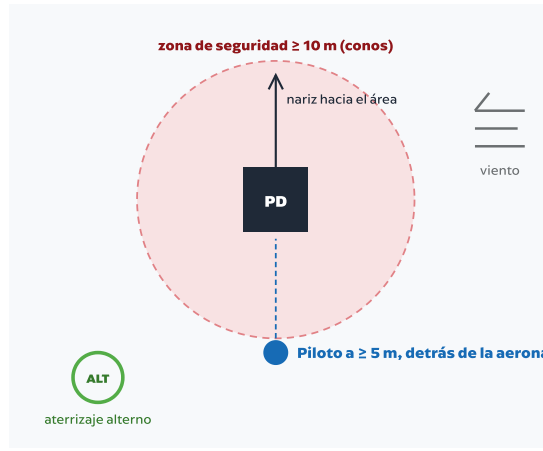


FIG. 4.3 · DISPOSICIÓN DEL PUNTO DE DESPEGUE (PD)

El punto de despegue es también el **punto de origen del RPO**: a él regresará la aeronave si algo falla. Elígelo con ese criterio.

- **Superficie plana, firme y despejada**, sin pasto alto, arena ni polvo. Usa la plataforma de despegue. No despegues desde superficies de color sólido o muy reflejantes.
- **Cielo despejado** sobre el punto: nada de ramas, cables ni techos en la vertical de ascenso.
- **Lejos de metal** (varillas, autos, tapas de registro, techos de lámina) y de fuentes de interferencia (antenas o transformadores).
- La aeronave queda a **5 m del piloto**, con el piloto mirando la parte trasera de la aeronave, tal como indica el manual de DJI.
- Buena **línea de vista** hacia toda el área de trabajo y **ruta de RPO libre** de obstáculos más altos que la altitud de RPO.
- **Zona de seguridad** de 10 m como mínimo, delimitada y libre de personas ajenas.
- Un **punto de aterrizaje alternativo** identificado por si el principal se bloquea.
- Del lado de **barlovento** del área, si es posible, para no regresar contra el viento con poca batería.

## 4.7 ROLES, BRIEFING Y APTITUD

### PILOTO AL MANDO

#### Responsable final de la operación

Decide si se vuela, opera la aeronave, ejecuta los checklists y tiene la **autoridad para abortar** en cualquier momento. Asigna tareas a todos los participantes (NOM, Apéndice E.2).

### OBSERVADOR

#### Los ojos que el piloto no tiene

Vigila el cielo (tránsito tripulado, aves), a las personas que se acercan y los obstáculos, y lee en voz alta los checklists. Se mantiene junto al piloto y **no se distrae con la pantalla**.

### Briefing previo al vuelo (2–3 minutos)

El Apéndice E.1 b exige que todos los participantes reciban una sesión informativa. Cubre, como mínimo:

- Objetivo del vuelo, área, altura y duración estimada.
- Punto de despegue, punto alternativo y ruta de RPO.
- Peligros identificados y sus mitigaciones.
- Procedimientos de emergencia y quién hace qué.
- Frases de comunicación estándar (módulo 05).

### Autochequeo IMSAFE

Es una herramienta de aviación tripulada que aplica igual a los pilotos de RPAS. Si alguna respuesta es «sí», no vuelas.

Illness · enfermedad

¿Tengo algún síntoma?

Medication · medicamentos

¿Tomé algo que dé sueño?

Stress · estrés

¿Hay presión o prisa?

Alcohol

¿Bebí en las últimas 12 h?

Fatigue · fatiga

¿Dormí mal o estoy cansado?

Eating · alimentación

¿Estoy deshidratado o sin comer?

#### CONDICIONES QUE ABORTAN LA OPERACIÓN

- Falta el folio de registro, la póliza vigente o una autorización requerida.
- El área está dentro de 9.2 km de un aeródromo o de 0.9 km de un helipuerto sin autorización.
- Hay una zona prohibida o restringida, o un NOTAM activo.
- Viento o ráfagas por encima del umbral, lluvia, tormenta eléctrica o visibilidad insuficiente.
- No se puede mantener la línea de vista en toda el área de trabajo.
- Personas ajenas en la zona de seguridad que no pueden retirarse.
- Error crítico, de IMU o de brújula que no se resuelve, o una batería con alertas.
- No hay punto de despegue seguro ni aterrizaje alternativo.
- El piloto no pasa el autochequeo IMSAFE.
- El cliente presiona para operar fuera de los límites.

#### MÓDULO 04 · RESUMEN

##### Puntos clave

- El SOP tiene seis etapas: **planeación, gabinete, sitio, vuelo, cierre y dato**.
- Planea las baterías con tiempo útil realista y agrega **una de reserva**. El firmware se actualiza en gabinete, nunca en sitio.
- La inspección previa cubre **coordenadas, accesos, espacio aéreo y meteorología**, y se confirma en campo.
- Riesgo = **probabilidad × severidad**. Rojo significa que no se opera.
- El punto de despegue es el punto de origen del RPO: plano, despejado, lejos de metal, con la aeronave a 5 m del piloto y un punto alternativo identificado.

##### Autoevaluación 04

1. Necesitas 70 minutos de captura. ¿Cuántas baterías llevas, según el criterio de este módulo?
2. En el suelo mides 5 m/s y el pronóstico da 11 m/s a 80 m. ¿Vuelas a 80 m? Justifica tu respuesta.
3. Menciona tres criterios para elegir un punto de despegue.
4. Un peligro tiene probabilidad 3 y severidad 4. ¿Qué color le corresponde y qué haces?
5. ¿Qué debe cubrir el briefing previo al vuelo según el Apéndice E?



## MÓDULO 05 · OPERACIÓN DE VUELO

# OPERACIÓN DE VUELO

Del armado en sitio hasta el aterrizaje, cada acción tiene un orden y un porqué. Este módulo cubre el preflight en DJI Pilot 2, la configuración del regreso al punto de origen, el pilotaje manual en modo 2 y, sobre todo, cómo reaccionar cuando algo no sale como se planeó.

- Preflight check y vista de cámara en DJI Pilot 2
- Parámetros de captura acordados con el cliente
- Configuración de un RPO seguro
- Inicio de motores y vuelo de reconocimiento
- Controles en modo 2: movimientos, combinaciones y circuitos
- Contingencias: pérdida de señal, batería crítica y aterrizaje manual

## 5.1 ARMADO Y ENCENDIDO

- Coloca el estuche en el punto de despegue y verifica que la zona de seguridad esté delimitada.
- Retira el **protector del estabilizador**.
- Despliega primero los **brazos delanteros** y después los **traseros**.
- Revisa las hélices (sin astillas ni deformaciones) y confirma que estén bien montadas: **A con A, B con B**.
- Inserta la batería hasta escuchar el **clic** de las dos bandas.
- Coloca las antenas del RC en posición y **enciende primero el control**.
- Enciende la aeronave (pulsación corta y luego sostenida) **sin moverla** hasta que termine el autodiagnóstico y el calentamiento.
- Selector de modo en **N**. El led del control debe estar en **verde fijo**.
- Coloca la aeronave sobre la plataforma, con la nariz hacia el área y a 5 m de ti.
- Abre DJI Pilot 2 y entra a la vista de cámara.

## 5.2 PREFLIGHT CHECK EN DJI PILOT 2

DJI Pilot 2 incluye una lista de comprobación previa al vuelo. Revísala completa **cada vez**, con el observador leyendo en voz alta. Los valores de la tercera columna son el estándar DronOps.

| PARÁMETRO             | QUÉ VERIFICAR                                                                | VALOR DRONOPS                   |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Estado de la aeronave | Sin errores ni advertencias sin resolver (IMU, brújula, estabilizador, ESC). | «Listo para volar (GNSS)»       |
| Posicionamiento       | Número de satélites e intensidad GNSS; RTK en FIX si la misión lo requiere.  | Señal intensa antes de despegar |

| PARÁMETRO                   | QUÉ VERIFICAR                                               | VALOR DRONOPS                             |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Batería                     | Nivel, temperatura y voltaje de celdas balanceado.          | ≥ 95 % al despegar · > 15 °C              |
| Modo de vuelo               | Posición del selector.                                      | N (Normal)                                |
| Altitud máxima              | Límite de altura configurado.                               | ≤ 120 m (≤ 100 m entre 9.2 y 18.5 km)     |
| Distancia máxima            | Límite de distancia configurado.                            | ≤ 450 m                                   |
| Altitud de RPO              | Altura sobre el punto de despegue para el regreso.          | Obstáculo más alto + 20 m                 |
| Acción por pérdida de señal | Qué hace la aeronave si pierde el enlace.                   | RPO                                       |
| Sistema anticolisión        | Acción ante obstáculos.                                     | Frenar (o Esquivar en misiones)           |
| Almacenamiento              | microSD insertada, espacio suficiente y formato de captura. | > 20 % libre                              |
| Zona GEO                    | Aviso de zona en el mapa.                                   | Sin zonas restringidas ni de autorización |

Límites de 120 m y 450 m: se configuran ligeramente por debajo de los 122 m y 457 m de la NOM para absorber las variaciones del barómetro y del GNSS. **POR VALIDAR**

Lectura de la vista de cámara

**BARRA SUPERIOR**

Estado de la aeronave, modo de vuelo, señal GNSS/RTK, calidad del enlace, **batería con tiempo restante estimado** y acceso a la configuración.

**PANTALLA DE NAVEGACIÓN**

Rumbo de la aeronave, posición del piloto y del punto de origen, obstáculos detectados y dirección del viento.

**TELEMETRÍA**

**Altura** sobre el punto de despegue, **distancia** horizontal al origen y velocidades horizontal y vertical. Míralas con frecuencia.

5.3 PARÁMETROS DE CAPTURA ACORDADOS CON EL CLIENTE

El cliente no contrata un vuelo: contrata un **dato**. Los parámetros de captura se acuerdan **antes** de la operación, se registran en la orden de servicio y se configuran en gabinete. Si en sitio hay que cambiarlos, el cambio se consulta y se documenta.

| PARÁMETRO        | OPCIONES O CRITERIO                                          | EJEMPLO REAL · INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA |
|------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Tipo de producto | Fotos puntuales, video, ortomosaico, modelo 3D, panorama.    | Ortomosaico RGB y térmico              |
| Cámara y formato | Gran angular, teleobjetivos o térmica; JPEG, R-JPEG o video. | Térmica en R-JPEG radiométrico         |

| PARÁMETRO         | OPCIONES O CRITERIO                                     | EJEMPLO REAL · INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA |
|-------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Altura de vuelo   | Define el detalle (GSD) y la cobertura.                 | 25 m sobre el módulo                   |
| Ángulo de cámara  | Nadir (90°), oblicuo u horizontal.                      | Nadir (90°)                            |
| Traslape          | Frontal y lateral, para mapeo.                          | 80 %                                   |
| Ventana horaria   | La iluminación y la carga térmica cambian el resultado. | 17:04 – 17:17 h                        |
| Datos de contexto | Temperatura, humedad, cielo, emisividad y referencias.  | 28 °C · 30 % HR · despejado · ε 0.85   |

Ejemplo tomado del reporte técnico RT-002TS-0926 de DronOps (línea Industrial). La especialidad correspondiente de Nivel 2 profundiza en cada parámetro.

5.4 CONFIGURACIÓN DE UN RPO SEGURO

El **Regreso al Punto de Origen (RPO)** es tu red de seguridad. Se activa de tres formas: **manualmente** (manteniendo presionado el botón RPO), por **batería baja** o por **pérdida de señal**, si la acción por pérdida de señal está en RPO. Un RPO mal configurado puede estrellar la aeronave contra el obstáculo del que querías alejarte.

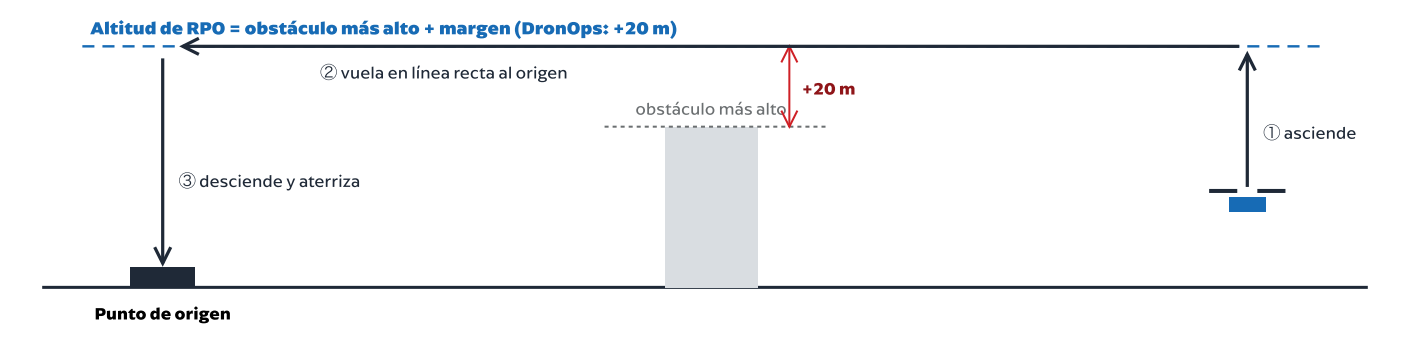


FIG. 5.1 · RPO PREESTABLECIDO: ASCIENDE A LA ALTITUD DE RPO, REGRESA EN LÍNEA RECTA Y ATERRIZA

Configuración DronOps

- **Altitud de RPO:** la del obstáculo más alto del área y de la ruta de regreso, más 20 m, sin rebasar el límite de 120 m. El valor predeterminado de fábrica es 100 m: **ajústalo en cada sitio.**
- **RPO avanzado en «Preestablecido»** cuando haya líneas eléctricas o torres que la aeronave no pueda esquivar (recomendación del manual de DJI). «Óptimo» solo en entornos abiertos y con buena luz.
- **Acción por pérdida de señal: RPO.**
- Si te desplazas durante la operación, **actualiza el punto de origen** desde DJI Pilot 2.
- Confirma el **aviso de voz** «punto de origen actualizado» después de despegar.

Cómo se comporta al perder la señal

|                                   |                                                                         |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Distancia al origen < 5 m         | <b>Aterrizo de inmediato</b>                                            |
| De 5 a 50 m                       | <b>Regreso en línea recta a la altitud actual</b>                       |
| > 50 m sin sistema de visión útil | <b>Retrocede 50 m por la ruta volada e inicia el RPO preestablecido</b> |
| Con visión y buena luz            | <b>RPO avanzado con la ruta planeada</b>                                |

Si la señal regresa, la aeronave **continúa en RPO**. Para retomar el control, cancelalo con el botón RPO o con el botón de detener vuelo.

## 5.5 INICIO DE MOTORES Y VUELO DE RECONOCIMIENTO

### Arranque

Los motores se arrancan con un **comando de combinación de palancas (CSC)**: ambas palancas hacia abajo y hacia adentro, o hacia abajo y hacia afuera. Cuando giren, suelta las dos palancas a la vez. Antes de arrancar, di en voz alta **«Despegando»** y confirma que nadie esté en la zona de seguridad.

### Despegue y estacionario de verificación

- 01 Sube con suavidad hasta **2–3 m** y detente.
- 02 Mantén un **estacionario de 10–15 s**: la aeronave no debe derivar, el sonido debe ser uniforme, sin vibraciones.
- 03 Mueve cada palanca un poco para confirmar la respuesta en los cuatro ejes.
- 04 Verifica en pantalla la batería, la señal y el aviso de voz del punto de origen.
- 05 Si algo no está bien, **aterrija y revisa**. No subas con dudas.

### Vuelo de reconocimiento

Antes de capturar, recorre el área a una **altura segura**, por encima de los obstáculos, para confirmar en el aire lo que evaluaste en tierra:

- Obstáculos no identificados: cables, antenas, retenidas, árboles secos.
- **Calidad de señal en los extremos** del área, sobre todo detrás de edificios.
- **Viento en altura**: observa la inclinación de la aeronave y la velocidad sobre el suelo contra el viento y a favor.
- Consumo real de batería durante los primeros minutos.
- Línea de vista en toda el área.

### Parada de motores

Una vez que la aeronave esté **en el suelo**, lleva la palanca del acelerador **hacia abajo y mantenla** hasta que los motores se detengan. También puedes usar el CSC. Di en voz alta **«Motores apagados»**.

#### DETENCIÓN DE MOTORES EN PLENO VUELO

El CSC en vuelo solo detiene los motores cuando el controlador detecta un **error crítico**, y la aeronave **caerá**. Es un recurso extremo que se reserva para evitar un daño mayor a personas. Nunca se ejecuta sobre personas.

5.6 CONTROLES EN MODO 2

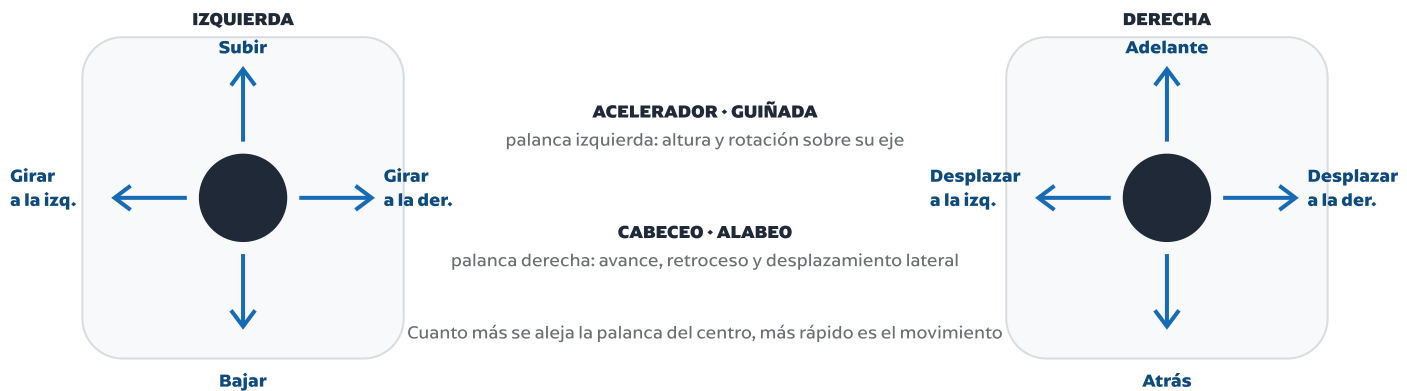


FIG. 5.2 · MODO 2, PREDETERMINADO DEL RC PLUS 2 Y ESTÁNDAR DE DRONOPS

Orientación: el reto del principiante

Las palancas actúan respecto a la **nariz de la aeronave**, no respecto a ti. Con la **cola hacia ti** (*nose-out*), los mandos coinciden con tu perspectiva. Con la **nariz hacia ti** (*nose-in*), izquierda y derecha se invierten. Ahí se cometen la mayoría de los errores.

Recuperar la orientación

- 01 **Suelta las palancas** o presiona **detener vuelo**: la aeronave queda en estacionario.
- 02 Mira el **indicador de rumbo** del mapa o la vista de cámara.
- 03 **Gira (guiñada)** hasta que la cámara muestre tu posición a sus espaldas, o hasta dejar la cola hacia ti.
- 04 Da un toque breve de **cabeceo** y observa hacia dónde se mueve.
- 05 Continúa con movimientos cortos y confirmados.

Combinaciones de mando

| MANIOBRA                   | PALANCAS                                                                                                       |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curva coordinada           | Adelante (der.) + guiñada hacia el lado de la curva (izq.).                                                    |
| Órbita con nariz al centro | Alabeo hacia un lado (der.) + guiñada hacia el lado contrario (izq.). La relación entre ambos define el radio. |
| Espiral ascendente         | Órbita + un toque de acelerador.                                                                               |
| Revelado (reveal)          | Adelante o atrás + inclinación del estabilizador con el dial.                                                  |

TÉCNICA

Pilota con las **yemas de los pulgares** y haz movimientos progresivos. Un buen piloto se nota en lo que no se ve: sin tirones, sin cambios bruscos de altura y con transiciones suaves.

5.7 CONTINGENCIAS

La primera regla ante cualquier contingencia es **volar la aeronave**: controlar la trayectoria y la altura antes de diagnosticar. La segunda es **comunicar**. La tercera, **aterrizar en un lugar seguro** tan pronto como sea razonable. El Anexo B trae esta tabla en formato de tarjeta.

| EVENTO                                      | CÓMO LO RECONOCES                                                                     | ACCIÓN INMEDIATA                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pérdida de señal</b>                     | Aviso en DJI Pilot 2, video congelado, led de la aeronave amarillo rápido.            | Mantén las antenas orientadas y no te muevas. Confirma visualmente que la aeronave inicia el RPO. Si la señal vuelve, decide si continúas el RPO o lo cancelas con detener vuelo. Registra el evento. |
| <b>Batería baja</b>                         | Aviso con cuenta regresiva de RPO por batería baja.                                   | <b>Acepta el RPO</b> o regresa manualmente de inmediato. En DronOps se planea para aterrizar <b>antes</b> de este aviso: si aparece, algo se calculó mal.                                             |
| <b>Batería crítica</b>                      | Aviso crítico; la aeronave inicia el aterrizaje automático, que no se puede cancelar. | No subas el acelerador: la aeronave caería al agotarse la energía. <b>Dirige el descenso</b> con la palanca derecha y la guiñada hacia un lugar despejado, lejos de personas.                         |
| <b>Obstáculo imprevisto</b>                 | Alerta de proximidad o lo ves en la cámara o a simple vista.                          | <b>Detener vuelo</b> (o soltar las palancas) y alejarse en sentido contrario al obstáculo. Vuelve a planear la ruta con más altura o más distancia.                                                   |
| <b>Interferencia de brújula / modo ATTI</b> | Aviso de brújula, deriva, led amarillo lento.                                         | Corrige la deriva manualmente, aléjate de estructuras metálicas, gana espacio libre y <b>aterrizza pronto</b> . No confíes en el estacionario.                                                        |
| <b>Aeronave tripulada</b>                   | Ruido de motor o rotor, aviso de AirSense, alerta del observador.                     | <b>Desciende de inmediato</b> a una altura baja y segura, mantén la aeronave a la vista y aterriza si es necesario. El derecho de paso es de la aeronave tripulada.                                   |
| <b>Persona entra en la zona</b>             | Alerta del observador.                                                                | Detén el avance, no sobrevuelas a la persona, mantén la distancia y espera a que salga o aterriza.                                                                                                    |
| <b>Pérdida de línea de vista</b>            | Ya no ves la aeronave.                                                                | Detener vuelo. Recupera la línea de vista ganando altura con cuidado o regresando por la ruta conocida, o activa el RPO.                                                                              |
| <b>Falla de motor o hélice</b>              | Vibración, giro descontrolado o pérdida de altura.                                    | Aterriza de inmediato en el punto seguro más cercano. Si la caída es inevitable, aléjala de las personas.                                                                                             |

## Aterrizaje manual

Toma el control manual del aterrizaje cuando el punto de origen sea impreciso (despegue cerca de edificios), cuando haya obstáculos o personas en el punto de origen, o cuando la aeronave esté en ATTI.

- 01 Detén la aeronave a unos **5 m sobre el punto** de aterrizaje, con la cola hacia ti.
- 02 Alinea la aeronave con la plataforma usando la cámara apuntando hacia abajo.
- 03 Desciende con suavidad ( $\leq 1$  m/s en el tramo final) y corrige la deriva lateral.
- 04 Al tocar el suelo, mantén el acelerador abajo hasta que los motores se detengan.

## Comunicación estándar piloto—observador

|                             |                                                |
|-----------------------------|------------------------------------------------|
| «Despegando»                | <b>Antes de arrancar los motores</b>           |
| «Estacionario, sistemas OK» | <b>Tras la verificación a 3 m</b>              |
| «Tránsito a las 3»          | <b>Aviso de aeronave, con posición horaria</b> |
| «Persona entrando»          | <b>Alguien entra en la zona de seguridad</b>   |
| «Pierdo visual»             | <b>El piloto deja de ver la aeronave</b>       |
| «RPO activo»                | <b>La aeronave regresa en automático</b>       |
| «Aterrizando»               | <b>Inicio del descenso final</b>               |

«¡Alto!»

Cualquiera lo dice: detener  
vuelo

«Motores apagados»

Fin del vuelo

## MÓDULO 05 · RESUMEN

### Puntos clave

- Primero se enciende el control y después la aeronave. Se apaga en orden inverso: primero la aeronave, después el control.
- Preflight completo en cada vuelo: **modo N, 120 m / 450 m, altitud de RPO = obstáculo + 20 m, pérdida de señal = RPO.**
- Estacionario de verificación a 2–3 m antes de subir; después, vuelo de reconocimiento.
- Nose-in invierte izquierda y derecha. Para recuperar la orientación: detener, girar, dar un toque y confirmar.
- En cualquier contingencia: **vuela la aeronave, comunica y aterriza en un lugar seguro.**

### Autoevaluación 05

1. En el área hay una torre de 45 m. ¿Qué altitud de RPO configuras?
2. ¿Qué hace la aeronave si pierde la señal a 30 m del punto de origen?
3. Durante un aterrizaje por batería crítica, ¿por qué no debes subir el acelerador?
4. La aeronave viene hacia ti con la nariz de frente y la quieres llevar a tu derecha. ¿Hacia dónde mueves la palanca derecha?
5. ¿Cuándo conviene tomar el control manual del aterrizaje?



MÓDULO 06 · PRÁCTICA EN CAMPO

# PRÁCTICA EN CAMPO

El 70 % del curso ocurre aquí. Los cuatro circuitos están diseñados para construir, en orden, las habilidades que exige una operación real: controlar la altura, desplazarse con precisión, combinar mandos y, sobre todo, recuperar la orientación cuando la aeronave no está donde esperabas.

- Preparación del participante y condiciones del día
- Circuitos: ascenso y reconocimiento, cuadrado, círculo y ocultamiento
- Evaluación con criterio de aprobación por circuito
- Simulacros de contingencia

## 6.1 PREPARACIÓN DEL PARTICIPANTE

### Llega listo

- Haber leído los módulos 01 a 05 y traer impresos los checklists del Anexo A.
- Pasar el autochequeo **IMSAFE**: descansado, hidratado, sin alcohol ni medicamentos que den sueño.
- EPP: chaleco de alta visibilidad, gorra, lentes de sol (mejoran la línea de vista), calzado cerrado y protector solar.
- Llevar agua y ropa adecuada para estar varias horas a la intemperie.

### Organización de la práctica

- El **instructor** es el piloto al mando de la sesión: autoriza cada despegue y puede ordenar «¡Alto!» en cualquier momento.
- Los participantes rotan como **piloto, observador y lector de checklist**. Todos los papeles se evalúan.
- Cada participante ejecuta el checklist completo en su primer vuelo del día.

### Condiciones del día

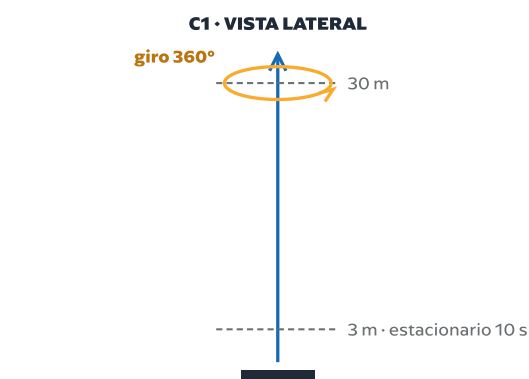
|                               |                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------|
| Área de práctica              | Campo abierto de $\geq 100 \times 100$ m |
| Personas ajenas               | Ninguna dentro del área                  |
| Viento para práctica inicial  | $\leq 6$ m/s <b>POR VALIDAR</b>          |
| Altura máxima de práctica     | 30 m                                     |
| Modo de vuelo                 | N; T para maniobras finas                |
| Distancia máxima configurada  | 100 m                                    |
| Batería mínima para aterrizar | 30 %                                     |
| Marcaje                       | Plataforma y conos en esquinas y centro  |

### RECOMENDACIÓN

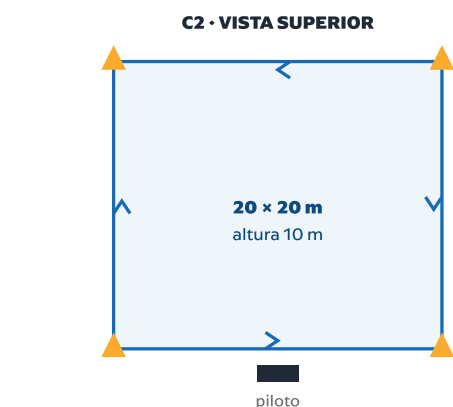
Si tienes acceso al **DJI Flight Simulator** u otro simulador compatible con modo 2, practica los circuitos antes del curso. Las horas de simulador reducen de forma notable el tiempo de adaptación en campo.

## 6.2 LOS CUATRO CIRCUITOS

Cada circuito se aprueba por separado. Los criterios son una **propuesta de este manual** para que el equipo de instructores la valide y la ajuste. **POR VALIDAR**



CIRCUITO 1 · ASCENSO Y RECONOCIMIENTO



CIRCUITO 2 · CUADRADO

### CIRCUITO 1 · HABILIDAD: CONTROL VERTICAL Y VERIFICACIÓN

#### Ascenso y reconocimiento

**Procedimiento:** checklist completo, arranque, ascenso a 3 m con estacionario de verificación de 10 s, ascenso vertical a 30 m, giro lento de 360° en estacionario (20 s como mínimo), recorrido de reconocimiento del perímetro del área, descenso a 3 m y aterrizaje en la plataforma.

#### Criterios de aprobación:

- Verbaliza el checklist y las frases estándar sin omisiones.
- Ascenso y descenso sin desplazamiento lateral mayor a 2 m.
- Giro de 360° continuo y con velocidad uniforme.
- Aterrizaje dentro de la plataforma, a  $\leq 1$  m del centro.

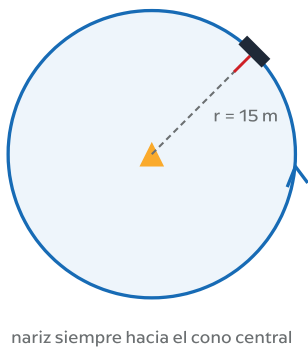
### CIRCUITO 2 · HABILIDAD: DESPLAZAMIENTO PRECISO EN LOS CUATRO EJES

#### Cuadrado

**Procedimiento:** cuadrado de 20 × 20 m marcado con conos, a 10 m de altura. **Fase A**, con la nariz fija hacia el frente: solo la palanca derecha (adelante, lateral, atrás, lateral). **Fase B**, con la nariz en la dirección de avance: giro de 90° en cada esquina, incluido el tramo en *nose-in*. Una vuelta en cada sentido.

- Se detiene sobre cada esquina con un error  $\leq 2$  m.
- Mantiene la altura con una tolerancia de  $\pm 1$  m.
- Recorre los lados sin cortar en diagonal.
- En la fase B no confunde izquierda y derecha en el tramo *nose-in*.

C3 · VISTA SUPERIOR



CIRCUITO 3 · CÍRCULO

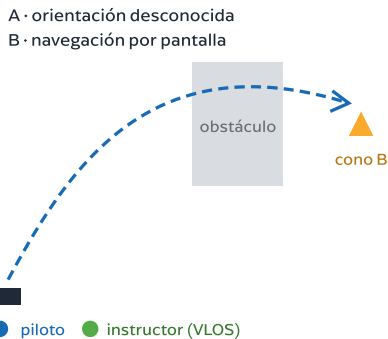
CIRCUITO 3 · HABILIDAD: COMBINACIÓN DE MANDOS

Círculo

**Procedimiento:** órbita **manual** (sin funciones inteligentes) de 15 m de radio alrededor de un cono central, a 10 m de altura, con la nariz y la cámara apuntando siempre al cono. Una vuelta completa en cada sentido, combinando alabeo y guiñada.

- Radio constante, con una tolerancia de  $\pm 3$  m.
- Altura con una tolerancia de  $\pm 1.5$  m.
- El cono permanece en el cuarto central de la pantalla durante toda la vuelta.
- Velocidad uniforme, sin detenerse ni dar tirones.

C4 · VISTA SUPERIOR



CIRCUITO 4 · OCULTAMIENTO

CIRCUITO 4 · HABILIDAD: RECUPERAR LA ORIENTACIÓN

Ocultamiento

**Fase A, orientación desconocida:** el piloto da la espalda mientras el instructor deja la aeronave en estacionario a 15 m de altura con un rumbo aleatorio. Al voltear, el piloto debe identificar la orientación y traer la aeronave a la vertical de la plataforma. **Fase B, navegación por pantalla:** con el instructor manteniendo la línea de vista, el piloto usa solo la cámara y el mapa para llegar a un cono situado detrás de un obstáculo de referencia a unos 30 m y regresar.

- Identifica la orientación en  $\leq 10$  s y su primer movimiento va en la dirección correcta.
- Llega al cono con un error  $\leq 3$  m y regresa sin perder altura.
- Usa el botón de detener vuelo ante cualquier duda y verbaliza lo que hace.

6.3 SIMULACROS DE CONTINGENCIA

Durante los circuitos, el instructor introduce sin previo aviso, y con la aeronave en una posición segura, tres simulacros ligados al objetivo 05 del curso:

| SIMULACRO            | CONSIGNA DEL INSTRUCTOR                                           | RESPUESTA ESPERADA                                                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pérdida de señal     | «Pérdida de señal: aeronave en RPO». El instructor activa el RPO. | Verbaliza, verifica la trayectoria y la altitud del RPO, y toma el control del aterrizaje final si hace falta. |
| Batería crítica      | «Batería crítica: aterriza ya».                                   | Elige en menos de 5 s un punto despejado, desciende sin subir el acelerador y aterriza.                        |
| Obstáculo imprevisto | «¡Alto! Obstáculo al frente».                                     | Detener vuelo en menos de 2 s y alejarse en sentido contrario.                                                 |

## 6.4 EVALUACIÓN Y CRITERIO DE APROBACIÓN

| DIMENSIÓN                 | QUÉ SE OBSERVA                                                                                                                                | TIPO                |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Seguridad</b>          | Respetar la zona de seguridad, los límites de altura y distancia, la reserva de batería, las órdenes del instructor y no sobrevuela personas. | <b>ELIMINATORIA</b> |
| <b>Procedimiento</b>      | Checklists completos y en orden, configuración del RPO, briefing.                                                                             | <b>OBLIGATORIA</b>  |
| <b>Comunicación</b>       | Frases estándar, trabajo con el observador, claridad.                                                                                         | <b>OBLIGATORIA</b>  |
| <b>Precisión</b>          | Tolerancias de cada circuito.                                                                                                                 | <b>POR CIRCUITO</b> |
| <b>Suavidad y control</b> | Mandos progresivos, sin tirones ni sobrecorrecciones.                                                                                         | <b>POR CIRCUITO</b> |

### PARA APROBAR EL NIVEL 1

(1) Aprobar los **cuatro circuitos** y los **tres simulacros**; (2) **cero faltas** en la dimensión de seguridad; (3) obtener **80 % o más** en la evaluación teórica. Quien no apruebe un circuito puede repetirlo dos veces en la misma sesión. Con una falta de seguridad, la sesión práctica se reprograma. **POR VALIDAR**

### MÓDULO 06 · RESUMEN

#### Puntos clave

- El instructor es el piloto al mando de la práctica; «¡Alto!» se obedece de inmediato.
- C1 construye el control vertical; C2, la precisión; C3, la combinación de mandos; C4, la recuperación de la orientación.
- La seguridad es **eliminatória**; la precisión se evalúa por circuito.



## MÓDULO 07 · DESPUÉS DE VOLAR

# DESPUÉS DE VOLAR

El vuelo termina cuando se apagan los motores, pero el servicio termina cuando el cliente recibe un dato íntegro, ordenado y a tiempo. Un respaldo mal hecho puede costar una operación completa; una bitácora incompleta, la trazabilidad de un incidente.

- Respaldo y nomenclatura Sector\_Cliente\_Folio en menos de 24 horas
- Entregables y reporte al cliente
- Cierre en sitio e inspección posterior al vuelo
- Bitácora de vuelo y mantenimiento

## 7.1 CIERRE EN SITIO

- 01 Motores detenidos: di en voz alta «**Motores apagados**».
- 02 **Apaga primero la aeronave** y después el control remoto (manual de DJI). Así la cámara guarda bien la configuración y los archivos.
- 03 Retira la batería **con la aeronave apagada** y déjala enfriar a la sombra. Márcala como usada.
- 04 Si no la has respaldado todavía, guarda la microSD en su estuche. **No la formatees en sitio.**

### Inspección posterior al vuelo

- ☐ Aeronave, brazos y trenes sin golpes ni fisuras
- ☐ Hélices sin astillas ni deformaciones
- ☐ Motores que giran libres, sin ruidos, y temperatura normal
- ☐ Estabilizador y cámara sin daños; colocar el protector
- ☐ Lentes de cámara y sensores de visión limpios
- ☐ Batería sin inflamamiento ni golpes
- ☐ Control remoto, antenas y pantalla en buen estado
- ☐ Zona de despegue limpia: conos, plataforma y basura

## 7.2 BITÁCORA DE VUELO

El libro de bitácora registra los parámetros operacionales, el mantenimiento, las fallas y las acciones tomadas (NOM, numeral 3.34). La NOM lo exige de forma expresa para los RPAS Pequeño y Grande. **En DronOps se lleva para todos los equipos** porque respalda los reclamos de garantía y de seguro, la investigación de incidentes y el historial de horas del piloto. El formato está en el Anexo C y sigue el contenido del Apéndice H.

## Registro de operación (por vuelo)

- Fecha, marca, modelo y número de serie de la aeronave.
- Nombre del piloto y del observador.
- Lugar de despegue y de aterrizaje.
- Hora de despegue, hora de aterrizaje y tiempo de vuelo.
- Batería usada (número y ciclos) y porcentaje al aterrizar.
- Condiciones meteorológicas y folio del servicio.
- Irregularidades, incidentes o fallas, con su número de defecto.
- Firma del piloto.

## Registro de mantenimiento

- Número y descripción del defecto o falla.
- Quién lo detectó y cuándo.
- Acción realizada: inspección, cambio de hélices, actualización de firmware, calibración, reparación.
- Quién la realizó y cuándo.
- Componentes retirados e instalados, con número de parte y de serie.

Conserva también los **registros de vuelo de DJI Pilot 2**: DJI los pide para el soporte técnico y para DJI Care.

## 7.3 RESPALDO EN MENOS DE 24 HORAS

Mientras el dato viva solo en la microSD, está en riesgo: una tarjeta se pierde, se daña o se formatea por error. Por eso, **todo material de campo se respalda en menos de 24 horas** desde el aterrizaje, con la nomenclatura estándar.

### Nomenclatura: Sector\_Cliente\_Folio

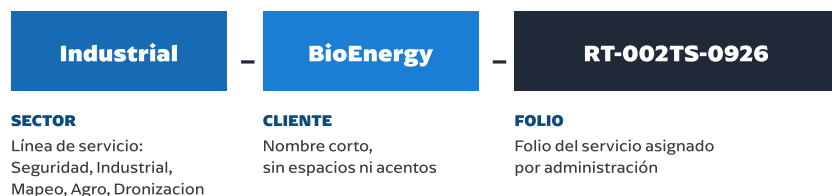


FIG. 7.1 · NOMBRE DE LA CARPETA RAÍZ DE UN SERVICIO

### Estructura de carpetas

| Industrial_BioEnergy_RT-002TS-0926/ |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 01_CAMPO/20260731_-<br>V01/         | Originales de la microSD      |
| 02_PROCESO/                         | Proyectos de software         |
| 03_ENTREGABLE/                      | Lo que recibe el cliente      |
| 04_BITACORA/                        | Bitácora y registros de vuelo |

### Reglas de escritura

- Sin espacios, acentos ni «ñ». Usa guion bajo entre bloques.
- Fechas con formato **AAAAMMDD**, para que se ordenen solas.
- Numera los vuelos con dos dígitos: V01, V02...
- No se renombran los archivos originales de la cámara.

Formato oficial del folio y nombres cortos de clientes: **POR VALIDAR**

### Regla 3-2-1 y verificación

- **3 copias** del material: la de trabajo y dos respaldos.
- En **2 medios distintos**, por ejemplo un disco externo y la nube corporativa.
- **1 copia fuera de sitio**, en la nube corporativa de DronOps.
- Antes de liberar la microSD, **verifica** que el número y el tamaño de los archivos coincidan, y abre algunas muestras.

- La tarjeta se formatea **solo** en la preparación del siguiente servicio (D-1), nunca antes de verificar.

CONFIDENCIALIDAD

El material del cliente es confidencial. No se comparte por aplicaciones personales, no se publica en redes sociales y no se usa como portafolio sin la **autorización por escrito** del cliente. Recuerda: el operador responde del uso que se dé a la información obtenida (NOM, 4.11.2).

## 7.4 ENTREGABLES Y REPORTE AL CLIENTE

El entregable es el producto que el cliente usa para tomar decisiones. Tiene que ser **claro, verificable y trazable** hasta el vuelo que lo originó. La estructura de los reportes técnicos de DronOps es la siguiente:

| SECCIÓN                       | CONTENIDO                                                                                                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Portada                       | Cliente, sitio, folio, tipo de reporte, fecha de vuelo y de emisión, aeronave y sensor, indicadores principales y responsable técnico. |
| 01 · Alcance, equipo y método | Qué se inspeccionó, con qué equipo, con qué parámetros de captura y procesamiento, y cómo se clasifican los hallazgos.                 |
| 02 · Panorama del sitio       | Vistas generales (ortomosaicos, mapas) con la ubicación de los hallazgos.                                                              |
| 03 · Hallazgos                | Cada hallazgo con identificador, ubicación, evidencia visual o térmica, severidad y descripción.                                       |
| 04 · Recomendaciones          | Acciones sugeridas y su prioridad, con lenguaje que el cliente pueda ejecutar.                                                         |
| Anexos                        | Tablas completas, metadatos y limitaciones del estudio.                                                                                |

### Tipos de entregable frecuentes

- Fotografías y video editados o en bruto.
- Imágenes térmicas radiométricas y su análisis.
- Ortomosaicos, modelos digitales y nubes de puntos.
- Reporte técnico en PDF y visor web de mapas.

### Antes de enviar

- ☐ Revisión de un segundo integrante del equipo
- ☐ Folio y datos del cliente correctos en todas las páginas
- ☐ Parámetros y limitaciones declarados
- ☐ Archivos con nombres claros y sin material ajeno al servicio
- ☐ Entrega dentro del plazo acordado y registrada

## MÓDULO 07 · RESUMEN

**Puntos clave**

- Primero se apaga la aeronave y después el control. La batería se retira con la aeronave apagada.
- La bitácora se llena en **cada vuelo**: operación y mantenimiento (Apéndice H).
- Respaldo en **menos de 24 h** con el nombre **Sector\_Cliente\_Folio** y la regla **3-2-1**. La tarjeta se formatea solo después de verificar.
- El reporte sigue la estructura portada → alcance y método → panorama → hallazgos → recomendaciones.

**Autoevaluación 07**

1. Escribe el nombre de la carpeta de un servicio de Mapeo para el cliente «Constructora Álamo» con folio MP-014-1026.
2. ¿Por qué no se formatea la microSD en sitio?
3. ¿Qué significa la regla 3-2-1?
4. Menciona cuatro datos que se registran en la bitácora por cada vuelo.



MATERIAL DE APOYO

# ANEXOS

Checklists imprimibles, tarjeta de contingencias, formato de bitácora, glosario, respuestas de las auto-evaluaciones y referencias.

## A CHECKLISTS IMPRIMIBLES

### A1 · GABINETE (D-1)

- ☐ Orden de servicio: alcance, parámetros de captura, contacto y horario
- ☐ Distancia a aeródromos ( $\geq 9.2$  km) y helipuertos ( $\geq 0.9$  km) verificada
- ☐ Zonas prohibidas o restringidas y NOTAM revisados
- ☐ Pronóstico: viento en altura, lluvia, tormenta, Kp, puesta del sol
- ☐ Folio de registro, póliza de RC y autorizaciones en la carpeta
- ☐ Baterías calculadas (+1 de reserva) y cargadas en modo Listo para volar
- ☐ RC Plus 2 y WB37 al 100 %
- ☐ microSD respaldada y formateada en la aeronave, más una de repuesto
- ☐ Firmware actualizado y probado; mapas sin conexión descargados
- ☐ Kit de campo completo, EPP incluido

### A2 · SITIO Y ENTORNO

- ☐ Contacto con el cliente, permisos e inducción de seguridad del sitio
- ☐ Viento medido con anemómetro y dentro del umbral
- ☐ Obstáculos, líneas eléctricas y estructuras metálicas identificados

### A3 · ANTES DE DESPEGAR

- ☐ Protector del estabilizador retirado
- ☐ Brazos desplegados (primero delanteros, luego traseros)
- ☐ Hélices íntegras y bien montadas (A/B)
- ☐ Batería insertada con clic en ambas bandas
- ☐ Lentes y sensores limpios; puertos cerrados
- ☐ Antenas del control en posición
- ☐ Control encendido primero, aeronave después
- ☐ Selector en N; led del control en verde fijo
- ☐ Sin errores de IMU, brújula ni estabilizador
- ☐ GNSS intenso (y RTK en FIX si aplica)
- ☐ Batería  $\geq 95$  % y  $> 15$  °C
- ☐ Altitud máx.  $\leq 120$  m y distancia máx.  $\leq 450$  m
- ☐ Altitud de RPO = obstáculo + 20 m; RPO avanzado configurado
- ☐ Pérdida de señal = RPO; anticolisión en Frenar
- ☐ microSD con espacio y parámetros de captura listos
- ☐ Aeronave a 5 m, cola hacia el piloto; zona despejada
- ☐ «Despegando» → estacionario de verificación a 3 m
- ☐ Aviso de voz del punto de origen confirmado

### A4 · CIERRE

- |                                                                              |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Matriz de riesgo completada; sin riesgos en rojo    | <input type="checkbox"/> «Motores apagados»; primero la aeronave y luego el control  |
| <input type="checkbox"/> Punto de despegue plano, despejado y lejos de metal | <input type="checkbox"/> Inspección posterior al vuelo sin hallazgos (o registrados) |
| <input type="checkbox"/> Punto de aterrizaje alternativo identificado        | <input type="checkbox"/> Protector del estabilizador colocado y brazos plegados      |
| <input type="checkbox"/> Zona de seguridad de $\geq 10$ m delimitada         | <input type="checkbox"/> Baterías enfriándose y marcadas; microSD resguardada        |
| <input type="checkbox"/> Línea de vista garantizada en toda el área          | <input type="checkbox"/> Bitácora llenada y firmada                                  |
| <input type="checkbox"/> IMSAFE del piloto y del observador                  | <input type="checkbox"/> Respaldo 3-2-1 verificado en menos de 24 h                  |
| <input type="checkbox"/> Briefing dado a todos los participantes             |                                                                                      |

## B TARJETA DE CONTINGENCIAS

### REGLA UNIVERSAL

**1. Vuela la aeronave → 2. Comunica → 3. Aterrizas en un lugar seguro → 4. Registra**

| EVENTO                       | ACCIÓN INMEDIATA                                                                                                                               |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pérdida de señal</b>      | Orienta las antenas; no te muevas; verifica el RPO; si la señal vuelve, continúa o cancela con detener vuelo.                                  |
| <b>Batería baja</b>          | Acepta el RPO o regresa manualmente ya.                                                                                                        |
| <b>Batería crítica</b>       | No subas el acelerador; dirige el descenso a un lugar despejado.                                                                               |
| <b>Obstáculo imprevisto</b>  | Detener vuelo y alejarse en sentido contrario.                                                                                                 |
| <b>Brújula / ATTI</b>        | Corrige la deriva, aléjate del metal y aterriza pronto.                                                                                        |
| <b>Aeronave tripulada</b>    | Desciende de inmediato, mantén la aeronave a la vista y cede el paso.                                                                          |
| <b>Persona en la zona</b>    | Detén el avance, no la sobrevuelas y espera o aterriza.                                                                                        |
| <b>Pérdida de visual</b>     | Detener vuelo; recupera la visual o activa el RPO.                                                                                             |
| <b>Falla de propulsión</b>   | Aterriza ya; si cae, aléjala de las personas.                                                                                                  |
| <b>Accidente o incidente</b> | Asegura la zona, atiende a los lesionados, documenta, avisa a la dirección de operaciones y presenta el Apéndice M en $\leq 5$ días si aplica. |

## C FORMATO DE BITÁCORA DE VUELO

| FOLIO DE SERVICIO | FECHA | AERONAVE / N.º DE SERIE | FOLIO DE REGISTRO AFAC |
|-------------------|-------|-------------------------|------------------------|
|                   |       |                         |                        |

|                     |  |  |  |                      |  |                     |
|---------------------|--|--|--|----------------------|--|---------------------|
| PILOTO AL MANDO     |  |  |  | OBSERVADOR           |  |                     |
| SITIO / COORDENADAS |  |  |  | VIENTO / TEMPERATURA |  | CIELO / VISIBILIDAD |

| VUE-<br>LO | BATERÍA (N.º /<br>CICLOS) | DESPE-<br>GUE | ATERRIZA-<br>JE | TIEM-<br>PO | %<br>FINAL | IRREGULARIDADES / N.º DE<br>DEFECTO |
|------------|---------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------------------|
| V01        |                           |               |                 |             |            |                                     |
| V02        |                           |               |                 |             |            |                                     |
| V03        |                           |               |                 |             |            |                                     |
| V04        |                           |               |                 |             |            |                                     |
| V05        |                           |               |                 |             |            |                                     |

|                                                                                                                     |  |  |  |                                                  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------|--|--|
| MANTENIMIENTO: DEFECTO, ACCIÓN REALIZADA, RESPONSABLE, COMPONENTES RETIRADOS E INSTALADOS (N.º DE PARTE Y DE SERIE) |  |  |  |                                                  |  |  |
| FIRMA DEL PILOTO                                                                                                    |  |  |  | RESPALDO VERIFICADO (FECHA Y HORA / RESPONSABLE) |  |  |

## GLOSARIO

### AFAC

Agencia Federal de Aviación Civil. Es la autoridad aeronáutica de México, dentro de la SICT.

### AIP / PIA

Publicación de Información Aeronáutica. Contiene, en la sección ENR 5.1, las áreas prohibidas, restringidas y peligrosas.

### AirSense

Receptor ADS-B de DJI que alerta de aeronaves tripuladas equipadas con transpondedor.

### Altitud / altura

La altitud se mide sobre el nivel del mar; la altura, sobre el suelo. La NOM limita la altura.

### ATTI

Modo de actitud: sin posicionamiento GNSS ni visual, la aeronave no se mantiene en estacionario ni frena sola.

### Barlovento

Lado del que viene el viento.

### BVLOS

Operación más allá de la línea de vista. Requiere autorización especial.

### CSC

Comando de combinación de palancas para arrancar o detener los motores.

### DC-3

Constancia de competencias o habilidades laborales ante la STPS.

### Emisividad (ε)

Capacidad de un material de emitir radiación infrarroja. Es clave para medir temperaturas.

### FFC

Calibración de campo plano de la cámara térmica.

### GEO

Sistema de zonas de DJI (restringidas, de autorización, de advertencia y de altitud). No sustituye a la norma.

## GNSS

Sistemas globales de navegación por satélite: GPS, Galileo, Bei-Dou y GLONASS.

## GSD

Distancia de muestreo en el terreno: cuánto terreno representa un píxel.

## IMU

Unidad de medición inercial: giroscopio y acelerómetro.

## Índice Kp

Escala de 0 a 9 de la actividad geomagnética. Con Kp  $\geq 5$  puede degradarse el GNSS.

## MTOW

Peso máximo de despegue. Define la categoría del RPAS.

## Nadir

Cámara apuntando verticalmente hacia abajo (90°).

## NOTAM

Aviso aeronáutico sobre cambios temporales, restricciones o peligros.

## Nose-in / nose-out

Nariz de la aeronave hacia el piloto o en sentido contrario.

## NTRIP

Protocolo para recibir correcciones RTK por Internet.

## O4 Enterprise

Sistema de transmisión de video y control de la serie Matrice 4.

## Operador

Persona física o moral propietaria o poseedora del RPAS.

## R-JPEG

JPEG radiométrico: guarda la temperatura de cada píxel.

## RPA / RPAS

Aeronave pilotada a distancia / sistema completo con estación de control y enlaces.

## RPO

Regreso al punto de origen (RTH en inglés).

## RTK

Corrección GNSS en tiempo real con precisión centimétrica.

## SICT

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (antes SCT).

## Traslape

Porcentaje de superposición entre fotos consecutivas en mapeo.

## VLOS

Operación dentro de la línea de vista directa del piloto.

## ΔT

Diferencia de temperatura entre un elemento anómalo y su referencia.

# E RESPUESTAS DE LAS AUTOEVALUACIONES

## Módulo 01

1. b) Su peso máximo de despegue y su uso.
2. c) Está dentro de 0.9 km de un helipuerto: se requiere la autorización del numeral 8.2 y, con ella, respetar las alturas y el círculo prohibido de 0.2 km.
3. b) 457 m.
4. b) El operador, DronOps.
5. a) Folio de registro, póliza de RC y, si aplica, autorización del INEGI.
6. Falso. El mapa GEO de DJI no refleja con exactitud la regulación mexicana.
7. b) 5 días.

## Módulo 02

1. Que la corrección RTK está activa y la posición tiene precisión centimétrica.

2. La radiométrica guarda la temperatura de cada píxel, lo que permite medir después del vuelo.
3. Ventaja: portabilidad y despliegue rápido. Desventaja: no se puede cambiar de sensor.
4. Falso. La automatización exige mejor pilotaje manual para intervenir cuando falla.

## Módulo 03

1. Frena la aeronave y la deja en estacionario; también sale de un RPO o de una misión.
2. Porque el sistema de visión no identifica con fiabilidad objetos delgados como cables.
3. Listo para volar (90 %): la batería queda lista sin permanecer llena, lo que reduce la autodescarga y la degradación.
4. Hay que calibrar la brújula. Aléjate del metal y calibra siguiendo DJI Pilot 2; no despegues hasta resolverlo.

5. No mantiene el estacionario ni frena sola. Corrige la deriva, aléjate de obstáculos y aterriza pronto.

Módulo 04

- 1.  $70 \div 25 = 2.8 \rightarrow 3$  baterías + 1 de reserva = **4**.
- 2. No. 11 m/s en altura supera el umbral de 8 m/s; se vuela más bajo si el trabajo lo permite o se pospone.
- 3. Por ejemplo: superficie plana y despejada, lejos de metal, aeronave a 5 m del piloto, ruta de RPO libre, punto alterno.
- 4.  $3 \times 4 = 12$ , ámba: se mitiga, se registra y se comunica antes de operar.
- 5. Condiciones de operación, procedimientos de emergencia y contingencia, deberes y responsabilidades, y riesgos.

Módulo 05

- 1.  $45 + 20 =$  **65 m**.

- 2. Entre 5 y 50 m: regresa en línea recta y en horizontal a la altitud actual.
- 3. Porque la aeronave caería al agotarse la energía; hay que dirigir el descenso, no prolongarlo.
- 4. Hacia **la izquierda**: con la nariz de frente, los mandos laterales se invierten desde tu perspectiva.
- 5. Con un punto de origen impreciso, obstáculos o personas en el punto de origen, o en modo ATTI.

Módulo 07

- 1. **Mapeo\_ConstructoraAlamo\_MP-014-1026**
- 2. Porque el material todavía no está respaldado ni verificado; formatear en sitio arriesga perder el trabajo.
- 3. Tres copias, en dos medios distintos, con una fuera de sitio.
- 4. Por ejemplo: piloto, horas de despegue y aterrizaje, tiempo de vuelo, batería usada e irregularidades.

F REFERENCIAS

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NOM-107-SCT3-2019               | Norma Oficial Mexicana que establece los requerimientos para operar un RPAS en el espacio aéreo mexicano. Diario Oficial de la Federación, 14 de noviembre de 2019. <a href="http://gob.mx/cms/uploads/attachment/file/602732/nom-107-sct3-2019-201119.pdf">gob.mx/cms/uploads/attachment/file/602732/nom-107-sct3-2019-201119.pdf</a> |
| AFAC · RPAS (Drones)            | Procedimiento de registro de RPAS y formato Apéndice K. <a href="http://gob.mx/afac/acciones-y-programas/rpas-drones">gob.mx/afac/acciones-y-programas/rpas-drones</a>                                                                                                                                                                 |
| Manual de usuario DJI Matrice 4 | Serie DJI Matrice 4, Manual de usuario v1.2 (es), abril de 2025. <a href="http://enterprise.dji.com/matrice-4-series/downloads">enterprise.dji.com/matrice-4-series/downloads</a>                                                                                                                                                      |
| Especificaciones DJI Matrice 4T | Ficha técnica oficial. <a href="http://enterprise.dji.com/matrice-4-series/specs">enterprise.dji.com/matrice-4-series/specs</a>                                                                                                                                                                                                        |
| DJI Fly Safe                    | Mapa de zonas GEO y desbloques. <a href="http://fly-safe.dji.com">fly-safe.dji.com</a>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Temario DronOps                 | «Vuelo general de RPAS», curso de capacitación Nivel 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Reporte DronOps RT-002TS-0926   | Reporte general de inspección termográfica, usado como referencia de estructura de entregable.                                                                                                                                                                                                                                         |

Las direcciones web se consultaron en septiembre de 2026. Verifica la vigencia de cada documento antes de cada ciclo de capacitación.